МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 305

А. М. МЕЕРСОН

ИСПЫТАНИЕ РАДИОЛАМП



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1958 ЛЕНИНГРАД

В брошюре рассматриваются как простейшие методы испытания радиоламп, позволяющие судить об их работоспособности, так и методы измерения некоторых параметров и характеристик, определяющих качество работы радиоламп в радиотехнической и другой электронной аппаратуре. Приводятся типовые схемы испытаний и даются основы расчета или выбора главных элементов этих схем. Излагаются принципы построения комбинированных приборов для проверки работоспособности и качественного испытания радиоламп различных типов.

Брошюра рассчитана на подготовленных радиолюбителей и других лиц, интересующихся вопросами испытания радиоламп.

Меерсон Анатолий Меерович
ИСПЫТАНИЕ РАДИОЛАМП

Редактор *Ф. И. Тарасов* Техн. редактор *Н. И. Борунов*

Сдано в набор 15/III 1958 г. Подписано к печати 30/V 1958 г.
Бумага 84 × 108 1/32 3,28 п. л. Уч.-изд. л. 3,7.
Т-05285. Тираж 60 000 экз. Цена 1 руб. 50 к. Заказ 1129.

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

Введение

Важнейшими элементами современных радиоустройств являются электронные лампы или, как их часто называют, радиолампы. С помощью радиоламп осуществляются усиление постоянных и переменных токов, преобразование постоянного тока в переменный, переменного тока в постоянный, переменного тока одной частоты в переменный ток другой частоты, изменение формы кривой электрических колебаний.

Практикой установлено, что в 70—80% всех случаев выхода радиоустановок из строя причиной являются дефекты радиоламп. Поэтому при налаживании, испытании или ремонте радиоаппаратуры необходимо прежде всего убедиться в годности радиоламп, соответствии их качественных показателей типовым параметрам. Выполнение этой задачи облегчается тем, что радиолампы конструктивно оформляются в виде сменных деталей, легко доступных для осмотра, проверки и замены.

В радиоустановках, находящихся под током, неисправную лампу иногда удается выявить посредством внешнего осмотра. Холодный баллон, интенсивное свечение газа, появление на баллоне налета молочного оттенка, покраснение анода, искрение между электродами, отсутствие реакции при касании рукой контакта управляющего электрода в ряде случаев помогают обнаружить дефектную лампу, хотя некоторые из этих признаков могут возникнуть и вследствие неисправности схемы установки.

При отсутствии в исследуемой установке серьезных дефектов, нарушающих ее действие, неисправная лампа может быть найдена путем последовательной замены ламп установки заведомо хорошими лампами запасного комплекта. Отдельные лампы могут также проверяться посредством замены ими однотипных ламп в действующей аппаратуре. Однако возможен случай, когда лампа, негодная для одной радиоустановки, оказывается вполне работоспособной в другой.

Испытание радиоламп обычно производят при помощи специальных приборов; простейшие из них предназначаются для элементарной проверки работоспособности ламп, а более сложные — для определения их качественных показателей. В некоторых случаях подобные приборы совмещаются с комбинированными измерительными приборами, например авометрами.

Основными испытаниями, позволяющими судить о работоспособности лампы, являются:

1) проверка целости нити накала;

2) испытание на отсутствие коротких замыканий между электродами;

3) испытание на отсутствие обрывов между электродами и их выводными штырьками;

4) проверка эмиссионной способности катодов.

К более сложным испытаниям качественного характера относятся:

5) снятие анодной или анодно-сеточной характеристики лампы;

6) измерение величины анодного тока при типовом режиме работы;

7) измерение крутизны анодно-сеточной характеристики при типовом режиме работы;

8) проверка качества вакуума внутри баллона лампы;

9) проверка лампы на отсутствие в ней плохих контактов;

10) измерение сопротивления изоляции между выводными штырьками;

11) измерение междуэлектродных емкостей.

Последние два испытания представляют интерес для ламп, используемых в высоковольтных и сверхвысокочастотных цепях.

Стабилитроны (газоразрядные стабилизаторы напряжения), применяемые в радиотехнических установках, обычно проверяют на отсутствие коротких замыканий между электродами величину напряжения стабилизации и относительную степень стабильности этого напряжения.

---

1. Проверка целости нити накала и измерение ее сопротивления

Убедиться в целости нити накала можно с помощью любого электрического пробника или омметра. Для удобства проверки на лицевой панели испытательного прибора иногда устанавливают ламповые панельки для подключения ламп наиболее распространенных типов; гнезда этих панелек, связанные с выводами нити накала, соединяют проводниками со входом прибора.

В качестве примера на рис. 1 приведена схема пробника с неоновой лампой, питаемого от сети переменного тока.

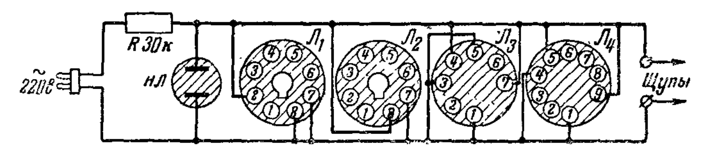


Рис. 1. Схема пробника с неоновой лампой для проверки целости нитей накала радиоламп.

Сопротивление R выбирают таким, чтобы обеспечить достаточно заметное свечение лампы НЛ. При шунтировании малым сопротивлением неоновая лампа гаснет; при большом шунтирующем сопротивлении, сравнимом с величиной R, свечение лампы ослабевает. Ламповые панельки $Л_1$ и $Л_2$ предназначены для подключения ламп с октальной цоколевкой, нити накала которых выведены соответственно на штырьки *2* и *7* (или *2* и *8*) и *7* и *8*. В панельки $Л_3$ и $Л_4$ включаются пальчиковые лампы, имеющие соответственно семь и девять штырьков. При использовании пробника для проверки различных электрических цепей подключение к последним производится с помощью щупов.

Если исследуемая лампа питается от источника накала повышенного напряжения, то для правильного выбора гасящего сопротивления необходимо знать сопротивление нити накала. При проверке нити накала омметром следует

учитывать, что сопротивление холодной нити, показываемое прибором, может быть в несколько раз меньше сопротивления нити в рабочем режиме, определяемого формулой

$$R_н = \frac{U_н}{I_н}, \quad (1)$$

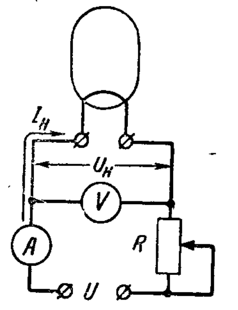


Рис. 2. Схема измерения сопротивления нити накала радиоламп методом вольтметра-амперметра.

где $U_н$ и $I_н$ — соответственно типовые напряжение и ток накала проверяемой лампы. Например, для многих приемно-усилительных радиоламп $U_н = 6{,}3$ *в*; $I_н = 0{,}3$ *а* а $R_н = \frac{6{,}3}{0{,}3} = 21$ *ом*; при измерении сопротивления холодной нити омметром оно оказывается порядка 5 *ом*.

В некоторых радиотехнических установках лампы работают при пониженном напряжении накала, что не позволяет расчетным путем определить сопротивление их нити. В этом случае измерение сопротивления нити накала производят методом вольтметра-амперметра по схеме рис. 2. Реостатом R устанавливают рабочее значение напряжения $U_н$ или тока $I_н$. На основе показаний вольтметра V и амперметра A по формуле (1) рассчитывают действительное сопротивление нити.

2. Испытание радиоламп на отсутствие коротких замыканий между электродами

Убедиться в отсутствии коротких замыканий между электродами можно с помощью любого пробника или омметра путем последовательной проверки сопротивления между каждой парой выводных штырьков лампы. При большом числе проверяемых ламп такой способ неудобен. Например, для лампы типа 6К7, на цоколе и баллоне которой имеются выводы, соединенные с нитью накала, металлическим баллоном, катодом, тремя сетками и анодом, при испытании на короткое замыкание необходимо произвести 6+5+4+3+2+1=21 измерение.

Короткозамкнутые электроды легко обнаружить по наличию тока в цепи источника постоянного напряжения, подключенного к этим электродам. Схемы испытания,

основанные на указанном принципе, приведены на рис. 3. Примененные в них колодки *КГ* с девятью гнездами служат для подключения ламповых панелек испытываемых типов радиоламп. К гнездам *ас* присоединяются выводы анодов и сеток, к гнездам *км* — выводы катодов и штырька металлизации или экранировки, к гнездам *н* — выводы нити накала. В качестве индикатора используется миллиамперметр магнитоэлектрической системы *mA*, соединенный последовательно с источником постоянного напряжения $U_в$ и ограничительным сопротивлением $R_о$.

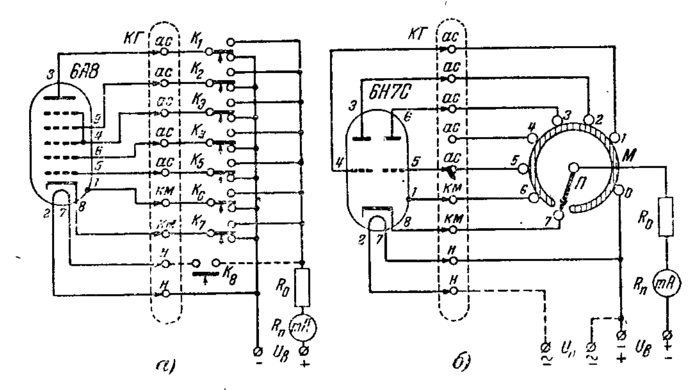


Рис. 3. Схемы испытания радиоламп на короткое замыкание по отсутствию тока в цепи индикатора.

В схеме на рис. 3,*а* электроды испытываемой лампы и штырек металлизации (для примера берем гептод 6А8) посредством кнопочных переключателей K_1—K_7 при отжатых кнопках соединены с отрицательным полюсом источника питания, к которому постоянно подключен один из концов нити накала. Испытание производят поочередным нажатием кнопок в направлении, указанном на чертеже стрелкой. Если при этом индикатор показаний не дает, то короткие замыкания в лампе отсутствуют. Отклонение стрелки индикатора будет иметь место лишь в том случае, если электрод, соединенный с общим контактом нажатой кнопки, замкнут с каким-либо другим электродом или баллоном лампы, так как при этом через короткозамкнутые электроды и индикатор замкнется цепь источника питания. При одновременном нажатии кнопок обоих короткозамкнутых электродов показания индикатора должны исчезнуть.

Вместо кнопочных переключателей можно применить и обычные переключатели на два положения, хотя это и

менее удобно. В схему испытаний иногда вводят кнопку K_3, включение которой показано пунктиром; отклонение стрелки индикатора при нажатии этой кнопки свидетельствует о целости нити накала лампы.

Схема испытаний, представленная на рис. 3,*б*, отличается от рассмотренной выше лишь в конструктивном отношении. В ней электроды исследуемой лампы и штырек металлизации соединены с контактами *1—7* специального переключателя. Посредством разомкнутого металлического кольца *М* и постоянно соприкасающегося с ним общего контакта *О* все электроды лампы, кроме одного, соединены с нитью накала и отрицательным полюсом источника питания. Испытываемый электрод через ползунок *П* и индикатор подключен к положительному полюсу источника. Если он замкнут с любым другим электродом или баллоном лампы, индикатор покажет наличие тока в цепи. При повороте ручки переключателя происходит поворот на один контакт как ползунка *П*, так и короткозамыкающего кольца *М*, что позволяет последовательно проверить все электроды лампы.

В рассмотренных схемах испытание на короткое замыкание должно производиться без подачи на лампу напряжения накала. При включенном накале ток в цепи индикатора может возникнуть и при исправной лампе за счет эмиссии электронов катодом, так как испытываемый электрод будет иметь по отношению к катоду положительный потенциал. В том случае, если выключение накала при испытании лампы нежелательно, источник напряжения $U_в$ следует соединить с нитью накала и подключенными к ней электродами положительным полюсом при подаче отрицательного потенциала на испытываемый электрод.

Величина напряжения источника $U_в$, питающего схему испытания, совершенно несущественна и может быть практически любой, так же как и предельное значение измеряемого индикатором тока $I_п$. Ограничительное сопротивление $R_о$ берут такой величины, чтобы при наличии короткого замыкания между электродами стрелка индикатора находилась во второй половине шкалы, т. е. чтобы ток через индикатор был в пределах $(0{,}5 \div 1)\ I_п$. Следовательно,

$$R_о = \frac{U_в}{(0{,}5 \div 1)\ I_п} - R_п = (1 \div 2)\frac{U_в}{I_п} - R_п, \qquad (2)$$

где $R_п$ — внутреннее сопротивление индикатора. Например, при питании схемы от элемента на 1,5 *в* и использовании миллиамперметра на 1 *ма* сопротивлением 100 *ом* допустимые значения сопротивления будут:

$$R_о = (1 \div 2)\ \frac{1{,}5}{0{,}001} - 100 = 1\,400 \div 2\,900\ ом.$$

Совершенно очевидно, что в схемах рис. 3 вместо стрелочного индикатора можно применить любой другой электрический индикатор (лампочку накаливания, неоновую лампу, электрозвонок, телефонный бленкер и т. п.), надежное срабатывание которого должно обеспечиваться соответствующим выбором напряжения $U_в$.

На рис. 4,*а* представлена схема испытаний, в которой используется переключатель электродов *П* простой конструкции. Особенностью схемы является то, что все электроды

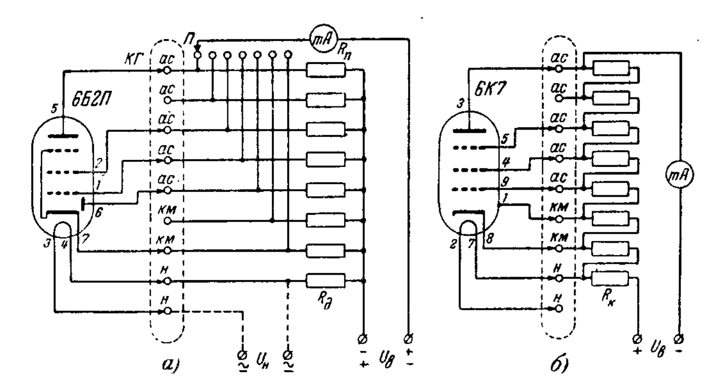


Рис. 4. Схемы испытания радиоламп на короткое замыкание по изменению тока в цепи индикатора.

испытываемой лампы через сопротивления одинаковой величины $R_д$ соединены с одним полюсом источника питания; второй полюс источника через миллиамперметр *mA* соединен с ползунком переключателя *П*. При отсутствии в лампе коротких замыканий во всех положениях переключателя *П* через индикатор будет протекать одинаковый ток; этот ток не должен превышать половины тока полного отклонения индикатора $I_п$, для чего величину сопротивлений $R_д$ выбирают из условия

$$R_д \geqslant \frac{U_в}{0{,}5\, I_п} - R_п. \qquad (3)$$

При наличии короткого замыкания между электродами в соответствующих им положениях переключателя $П$ ток через индикатор будет возрастать примерно вдвое, вследствие того что в цепь питания окажутся включенными параллельно два сопротивления $R_д$, общая величина которых равна 0,5 $R_д$. При замыкании электрода с нитью накала возрастание тока наблюдается лишь в одном положении переключателя.

Если отказаться от конкретизации короткозамкнутых электродов, испытание ламп можно производить по простейшей схеме рис. 4,*б*. Здесь через индикатор протекает ток, определяемый включенными последовательно в цепь сопротивлениями одинаковой величины $R_к$. Если в исследуемой лампе имеются короткие замыкания, то при подключении ее к схеме ток через индикатор возрастет, так как одно или несколько сопротивлений $R_к$ окажутся закороченными. При ограничении допустимой перегрузки индикатора трехкратным значением тока $I_п$ величину сопротивления $R_к$ выбирают из условия

$$R_к \geqslant \frac{U_в}{3 I_п}. \qquad (4)$$

В схемах на рис. 4 вместо стрелочных индикаторов можно также применить и некоторые другие индикаторы, заметно реагирующие на изменение тока в их цепи (например, лампочки накаливания или неоновые лампы).

3. Испытание радиоламп на отсутствие обрывов между электродами и их выводными штырьками

Испытание радиолампы на отсутствие в ней обрывов производят проверкой наличия в цепи всех ее анодов и сеток тока, создаваемого за счет электронной эмиссии катода при подаче на эти электроды положительного (относительно катода) напряжения. При обрыве ток в цепи испытываемого электрода отсутствует. *Так как цепь тока может создаваться и вследствие коротких замыканий в лампе, испытанию лампы «на обрыв» должно обязательно предшествовать испытание «на короткое замыкание».*

Испытание „на обрыв" производят при подаче на лампу нормального напряжения накала $U_н$ и подключении одного конца нити накала, катодов и штырька металлизации к от-

рицательному зажиму источника напряжения $U_в$. Типовые схемы испытаний приведены на рис. 5. В схеме на рис. 5,*а* при отжатых кнопках $K_1 - K_5$ все сетки и аноды лампы подключены непосредственно к положительному зажиму источника. При нажатии одной из кнопок присоединенный к ней электрод включается в цепь источника напряжения $U_в$ последовательно с индикатором и ограничительным сопротивлением $R_о$. Так как все промежуточные электроды, расположенные между испытываемым электродом и катодом,

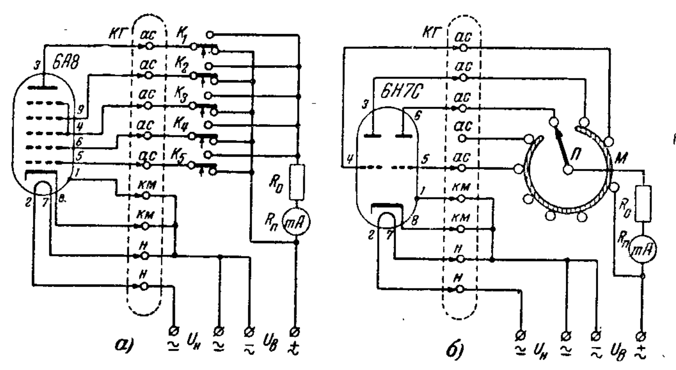


Рис. 5. Схемы испытания радиоламп на обрыв по наличию тока в цепи индикатора.

находятся под положительным потенциалом, создаваемые ими электрические поля будут ускорять движение электронов. При отсутствии обрыва часть электронного потока замкнется через испытываемый электрод, что вызовет отклонение стрелки индикатора.

Следует отметить, что если имеется обрыв в цепи одного из промежуточных электродов, то попадающие на этот электрод электроны зарядят его отрицательно. Это может привести к значительному уменьшению или даже полному исчезновению тока в цепи исправного электрода. Следовательно, для выявления электрода, цепь которого нарушена, проверку лампы на обрыв следует производить в такой последовательности: от электрода, ближайшего к катоду, к более удаленным электродам. При обрыве в цепи катода или нити накала ток будет отсутствовать в цепи всех электродов.

Вместо кнопок в схеме на рис. 5,*а* можно применить переключатели на два положения. Последние первоначально устанавливают в нижнее (по чертежу) положение.

Затем каждый переключатель поочередно переводят вверх и после проверки наличия тока в цепи соответствующего электрода возвращают в исходное, нижнее положение.

Схема испытаний, показанная на рис. 5,*б*, отличается от рассмотренной выше лишь конструктивно; в ней система кнопок или переключателей заменена одним специальным переключателем с короткозамыкающим кольцом *М* и ползунком *П*.

На рис. 6 представлена схема испытаний, в которой применен переключатель электродов простой конструкции. Особенностью схемы является то, что в цепи всех электродов включены индивидуальные шунты $R_ш$, параллельно которым поочередно подключают индикатор. Сопротивление $R_д$, ограничивающее ток в цепи индикатора в случае замыкания испытываемого электрода с катодом, выбирают согласно формуле (2). Сопротивление шунтов выбирают из условия

$$R_ш = (5 \div 10)\, R_п, \qquad (5)$$

обеспечивающего сохранение достаточного положительного потенциала на промежуточных электродах без заметного снижения чувствительности индикатора. Например, если напряжение $U_в = 20$ *в*, а индикатор имеет $I_п = 1$ *ма* и $R_п = 75$ *ом*, то можно взять $R_д = 30$ *ком*, а $R_ш = 500$ *ом*.

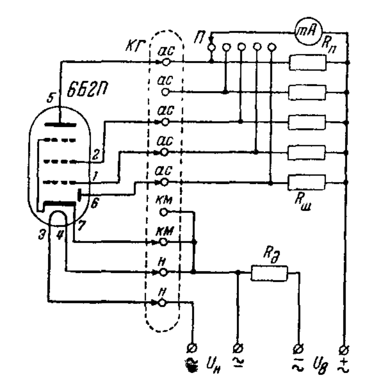


Рис. 6. Схема испытания радиоламп на обрыв с использованием простого переключателя электродов.

Схемы испытания на рис. 5 и 6 можно питать от источников как постоянного, так и переменного напряжения. В последнем случае при отсутствии обрыва в цепи испытываемого электрода вследствие детекторных свойств лампы будет протекать выпрямленный пульсирующий ток, постоянная составляющая которого вызовет отклонение стрелки миллиамперметра магнитоэлектрической системы.

4. Проверка эмиссионной способности катодов

Ток эмиссии является одной из важнейших величин, характеризующих работоспособность лампы, пригодность ее к эксплуатации. Он представляет собой общий ток, создаваемый всем электронным потоком, который излучается нагретым катодом. Для каждого типа лампы этот ток должен быть не меньше определенного значения, обычно указываемого в паспорте лампы и справочниках.

Испытание радиоламп на эмиссию производят по схемам рис. 7. Анод и сетки лампы, соединенные вместе, подключают к положительному зажиму источника напряжения $U_в$. Последовательно в цепь источника со стороны положительного или отрицательного его зажима включают миллиамперметр постоянного тока, который показывает

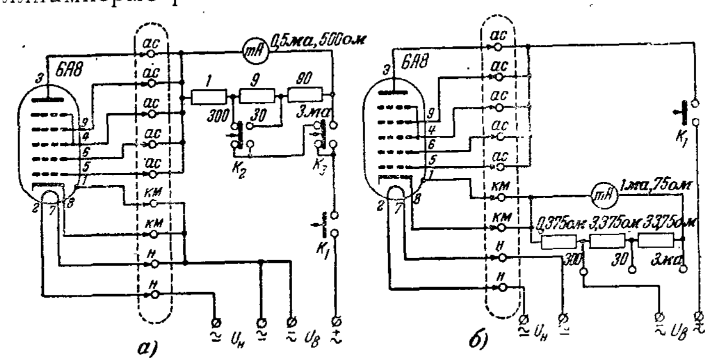


Рис. 7. Схемы проверки эмиссионной способности катодов радиоламп.

суммарный ток, протекающий в цепи анода и всех сеток лампы.

Испытываемая на эмиссию лампа должна быть предварительно проверена на отсутствие в ней коротких замыканий. В противном случае короткое замыкание одной из сеток или анода с нитью накала, катодом или металлическим баллоном при испытании лампы на эмиссию приведет к сильному возрастанию тока в цепи, опасному для миллиамперметра.

При проверке ламп на короткое замыкание и обрыв величина питающего схему напряжения несущественна, так как испытание сводится к определению факта наличия или отсутствия тока в цепи индикатора. При испытании же лампы на эмиссию напряжения питания должны быть строго определенной величины вследствие зависимости тока эмиссии от режима работы лампы. Эмиссия электронов зависит главным образом от температуры катода, возрастая с ее увеличением. Поэтому проверку тока эмиссии, так же как и другие испытания качественного харак-

тера, следует производить при нормальном для данного типа ламп напряжении накала $U_н$.

Для получения правильных результатов необходимо на анод и соединенные с ним электроды подавать достаточно большой положительный потенциал, обеспечивающий захватывание всех электронов, испускаемых катодом. Величина необходимого для этой цели напряжения зависит главным образом от расстояния между катодом и ближайшим к нему электродом и для различных типов ламп, применяемых в приемно-усилительных установках, лежит в пределах 10—50 *в*. Поэтому желательно напряжение $U_в$ брать порядка 30—50 *в*, что обеспечит показания индикатора, близкие для большинства радиоламп к истинному значению тока эмиссии. Если испытания проводятся при меньшем напряжении $U_в$, то для некоторых типов ламп показания индикатора могут оказаться заниженными. В этом случае приходится на основе испытания нескольких заведомо исправных ламп каждого типа составлять приближенную таблицу нормальных значений суммарного тока, показываемого индикатором при данном напряжении $U_в$.

Для ламп многих типов, имеющих оксидные катоды, при данном напряжении накала ток эмиссии не является величиной постоянной; он возрастает с повышением анодного напряжения вследствие вырывания электронов из катода электрическим полем и дополнительного разогрева катода эмиссионным током. Для таких ламп результаты измерения тока эмиссии следует обязательно связывать с величиной испытательного напряжения $U_в$, при котором они снимались.

Следует также учитывать, что значительная часть общего тока эмиссии замыкается через первую, ближайшую к катоду сетку, вызывая ее нагрев, что в свою очередь способствует повышению в процессе измерения температуры катода. Поэтому для предохранения катода испытываемой лампы от потери эмиссии или разрушения вследствие перегрева испытание на эмиссию следует производить возможно быстрее, а для многих типов ламп величину испытательного напряжения $U_в$ приходится ограничивать значением 20—50 *в*. С целью уменьшения опасности повреждения лампы рекомендуется в цепь напряжения $U_в$ включить показанную на схемах рис. 7 кнопку K_1 и отсчет тока эмиссии производить при кратковременном нажатии этой кнопки.

Из приводимой ниже табл. 1, составленной на основе официальных норм (технических условий), видно, что для различных типов радиоламп минимально допустимое значение тока эмиссии лежит в пределах 0,5—300 *ма*. Поэтому для повышения точности измерения и обеспечения безопасности индикаторного прибора последний должен иметь несколько пределов измерений по току, равных, например, 3, 30 и 300 *ма*. Расширение пределов измерения производят шунтированием индикатора, что наиболее просто достигается при использовании универсального шунта. Изменение пределов измерений производят с помощью кнопок, как это показано в схеме на рис. 7,*а*, или с помощью переключателя в соответствии со схемой рис. 7,*б*. В исходном положении индикатор должен быть всегда включен на наибольший предел измерений тока, а затем, если ток эмиссии мал, он переключается на меньший предел измерений. Применение кнопочных переключателей предпочтительнее, так как в этом случае обеспечивается автоматическая установка индикатора на исходный предел.

При проверке большого числа ламп различных типов пользование таблицей для определения годности ламп по току эмиссии создает затруднения в работе. С целью ускорения процесса испытания применяют следующий способ, поясняемый схемой на рис. 8. Индикатор шунтируют потенциометром *R*, который позволяет плавно регулировать его предел измерений. Для основных типов ламп определяют положения ручки потенциометра, при которых минимально допустимому току эмиссии соответствует отклонение стрелки индикатора до определенного деления, выбираемого в середине или правой части его шкалы (это деление на шкале индикатора, показанной в верхней части рис. 8, отмечено числом «100»). Соответствующие положения ручки для каждого типа ламп отмечают на шкале, которой снабжается потенциометр.

В исходном положении ручка потенциометра должна быть повернута до упора влево; при этом цепь индикатора будет закорочена. После подключения испытываемой лампы ручку потенциометра переводят вправо (если это не вызывает зашкаливания стрелки индикатора) до совпадения ее указателя с отметкой на шкале для данного типа ламп. Если при этом стрелка индикатора находится правее деления с отметкой «100», то ток эмиссии превышает минимально допустимое значение и лампа пригодна к эксплуатации; нахождение стрелки левее отметки «100»

Таблица 1

Минимально допустимые значения тока эмиссии некоторых типов радиоламп

Тип лампы	Режим испытания		Ток эмиссии	Тип лампы	Режим испытания		Ток эмиссии
	$U_н$, *в*	$U_в$, *в*	I_e, *ма*		$U_н$, *в*	$U_в$, *в*	I_e, *ма*
1А1П	1,2	20	10	6Н7С	6,3	20	50
6А7	6,3	20	55	6Н7С	6,3	50	125
6А8	6,3	20	52	6Н8С	6,3	20	35
6А8	6,3	50	80	6Н9С	6,3	20	30
1Б1П (пентод)	1,2	20	14	2П1П	2,4	20	25
1Б1П (диод)	1,2	20	0,5	2П9М	2,0	20	100
6Б8С (пентод)	6,3	20	34	6П3С	6,3	20	90
6Б8С (пентод)	6,3	50	50	6П3С	6,3	50	275
6Б8С (диод)	6,3	20	0,5	30П1С	30	20	75
6Г2 (триод)	6,3	20	40				
6Г2 (диод)	6,3	20	0,5	6С1Ж	6,3	20	20
6Г7 (триод)	6,3	20	35	6С1П	6,3	20	20
6Г7 (триод)	6,3	50	50	6С2С	6,3	20	34
6Г7 (диод)	6,3	20	0,5	6С2С	6,3	30	40
6Д4Ж	6,3	10	20	6С5Д	6,3	10	40
6Д6А	6,3	10	35	6С5С	6,3	20	32
6Е5С	6,3	20	14	6С5С	6,3	50	60
2Ж2М	2,0	20	8				
6Ж1Ж	6,3	20	20	6Ф5	6,3	20	32
6Ж3	6,3	20	95	6Ф5	6,3	30	35
6Ж4	6,3	20	75	6Ф6С	6,3	20	45
6Ж7	6,3	20	34	6Ф6С	6,3	50	125
6Ж7	6,3	50	60	6Х2П	6,3	10	35
6Ж8	6,3	20	50	6Х6С	6,3	20	15
1К1П	1,2	20	16	1Ц1С	0,7	50	6
2К2М	2,0	20	8	1Ц7С	1,2	100	4
6К1Ж	6,3	20	20	2Ц2С	2,5	200	47
6К1П	6,3	20	20	5Ц3С	5,0	75	225
6К3	6,3	20	40	5Ц4С	5,0	20	100
6К4	6,3	20	95	5Ц8С	5,0	75	300
6К7	6,3	20	34	5Ц9С	5,0	75	180
6К7	6,3	50	60	6Ц5С	6,3	20	80
6К9С	6,3	20	40	30Ц6С	30	30	170

Примечание. Для сложных ламп, содержащих два диода или триода, таблице указаны значения тока эмиссии соответственно для одного диода или трио

указывает на ухудшение эмиссионных свойств катода. Шкалу индикатора снабжают градуировкой, показывающей процентное отношение действительного тока эмиссии к его минимально допустимому значению.

Испытание радиоламп на эмиссию может производиться при питании схемы измерений от источников переменного тока. В этом случае электронный поток, излучаемый

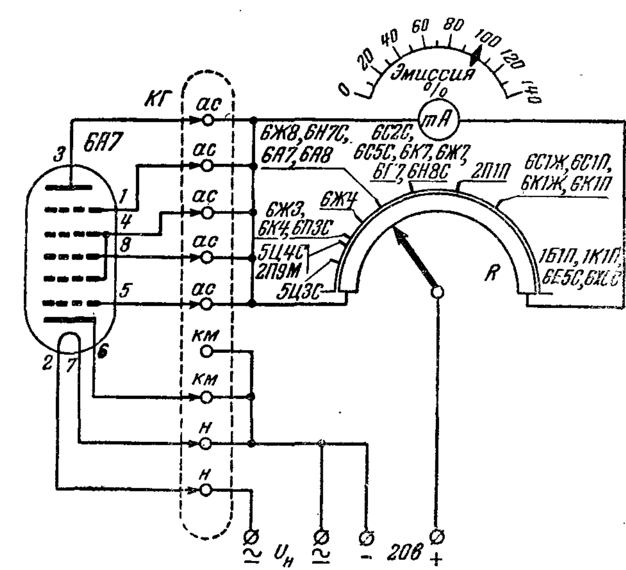


Рис. 8. Схема испытания относительной годности ламп по току эмиссии.

катодом, будет захватываться электродами лишь в положительные полупериоды питающего напряжения. В общей цепи будет протекать пульсирующий ток, постоянная составляющая которого, измеряемая миллиамперметром, не превышает 30% тока эмиссии лампы. От переменных составляющих пульсирующего тока миллиамперметр шунтируют конденсатором емкостью порядка 1 *мкф*. Для определения действительного тока эмиссии необходима соответствующая градуировка шкалы индикатора.

5. Простейшие испытатели радиоламп

Испытание радиолампы на отсутствие в цепях ее электродов коротких замыканий и обрывов и определение величины тока эмиссии во многих случаях оказываются

достаточными, чтобы судить о ее работоспособности; при этом специальной проверки целости нити накала может не производиться, так как разрыв ее цепи легко выявляется при испытании лампы на обрыв.

Схемы простейших испытателей радиоламп представляют собой комбинацию отдельных схем испытания, подобных рассмотренным в § 2—4. В этих приборах при всех видах испытаний используется ряд общих деталей, к числу которых относятся стрелочный индикатор, переключатели электродов, элементы цепей питания и др.

Испытатель радиоламп должен обеспечивать проверку как простых, так и комбинированных ламп. Последние, как известно, состоят из двух или трех простых ламп (диодов, триодов или пентодов), помещенных в одном общем баллоне. Комбинированные лампы обычно имеют общую нить накала; катоды отдельных частей лампы могут иметь общий или раздельные выводы.

Испытание комбинированных ламп имеет свои особенности, которые должны быть учтены при разработке схемы испытателя:

1. Если лампа имеет раздельные катоды, то при ее испытании на обрыв и эмиссию оба катода, а также выводы металлизации и внутренней экранировки должны быть присоединены к отрицательному зажиму источника питания.

2. Испытание на эмиссию должно производиться раздельно для каждой части лампы.

На рис. 9 представлена схема испытателя, разработанная на основе исходных схем рис. 4,*а* и 6. Испытатель содержит два переключателя: переключатель электродов $П_1$ на восемь положений и сдвоенный переключатель рода работы $П_2$ на три положения: *К*, *О*, *Э* (Короткое, Обрыв, Эмиссия). Колодка *КГ* с 11 гнездами служит для подключения к прибору ламповых панелек испытываемых типов радиоламп. Три гнезда *км* позволяют включать в схемы испытания комбинированные лампы, имеющие два раздельных вывода от катодов и вывод от металлизации или экранировки. Три гнезда *н* позволяют испытывать лампы с тремя выводами от нити накала при различных вариантах включения нити.

При установке переключателя $П_2$ в положение *К* наличие короткого замыкания определяют по аналогии со схемой на рис. 4,*а* по возрастанию тока через индикатор относительно исходного значения, имеющего место при отключении от схемы испытываемой лампы. При установке переключателя $П_2$ в положение *О* наличие обрыва в цепи какого-либо электрода определяют по аналогии со схемой на рис. 6 по отсутствию показаний индикатора при соответствующей установке переключателя электродов $П_1$. При этом индикатор в цепи испытываемого электрода включается параллельно одному из сопротивлений $R_{д1} — R_{д5}$, имеющему сравнительно большую величину и мало шунтирующему индикатор; ток через индикатор ограничивается сопротивлением $R_{д8}$ в цепи катода.

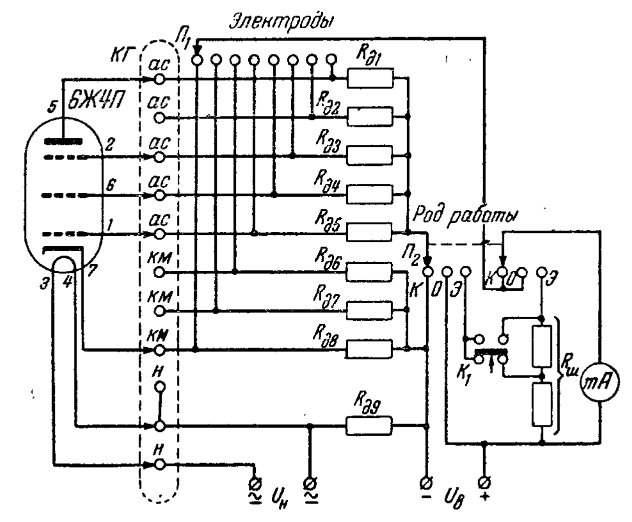


Рис. 9. Схема испытателя радиоламп, основанная на исходных схемах рис. 4,*а* и 6.

При испытании лампы на эмиссию показания индикатора будут значительно меньше действительного тока эмиссии вследствие включения в цепи всех электродов одинаковых сопротивлений $R_{д1} — R_{д9}$, которые уменьшают напряжения, приложенные к электродам. Поэтому достаточно ограничиться двумя пределами измерения по току, переключаемыми с помощью кнопки K_1. Для определения годности ламп следует составить таблицу допустимых показаний индикатора для различных типов ламп.

Недостатком рассмотренной схемы является то, что в ней не предусмотрено возможности испытания на эмиссию отдельных частей комбинированных ламп. Поэтому схема, соединяющая испытываемую лампу с прибором,

должна позволять исключать из схемы испытания отдельные электроды лампы.

На рис. 10 приведена более совершенная и в то же время более сложная схема испытателя, основанная на исходных схемах рис. 3,*а*, 5,*а* и 7,*а*. Схема содержит три кнопочных переключателя K_1—K_3 в цепи катодов и вывода металлизации и пять переключателей $П_1$—$П_5$ в цепи анодов и сеток лампы. Род работы прибора определяется

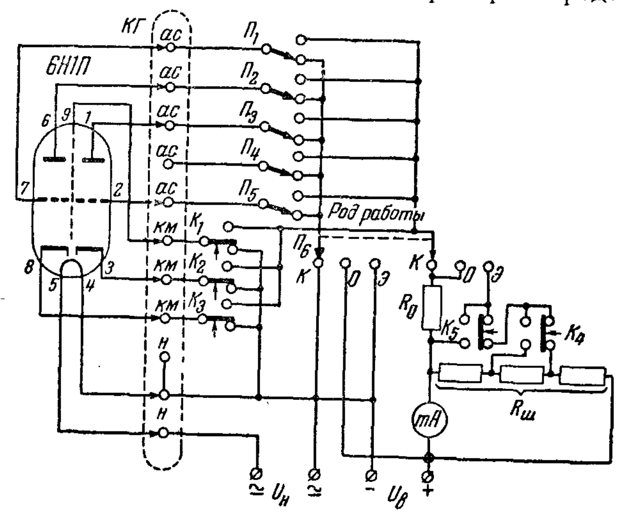


Рис. 10. Схема испытателя радиоламп, основанная на исходных схемах рис. 3,*а* 5,*а* и 7,*а*.

сдвоенным переключателем $П_6$, имеющим три положения: *К*, *О*, *Э*.

В положении *К* переключателя $П_6$ испытание проводится по схеме, подобной схеме на рис. 3,*а*. Наличие короткого замыкания определяют по отклонению стрелки индикатора при переводе одного из переключателей $П_1$—$П_5$ из нижнего положения в верхнее или при нажатии кнопок K_1—K_3. Испытание должно проводиться при выключенном накале лампы; другие испытания производят при включенном накале. В положении *О* переключателя $П_6$ образуется схема, подобная приведенной на рис. 5,*а*. Наличие обрывов в цепи электродов лампы определяют по отсутствию отклонений стрелки индикатора при переводе переключателей, соединенных с анодами и сетками, из нижнего положения в верхнее. При испытании на короткое замыкание и обрыв индикатор зашунтирован полным сопротивлением шунта $R_ш$, величину которого выбирают такой, чтобы не уменьшать значительно чувствительность индикатора. Ток в цепи питания ограничивается сопротивлением R_o.

В положении *Э* переключателя $П_6$ производят измерение величины тока эмиссии. При испытании простых ламп все переключатели, включенные в цепях анода и сеток лампы, переводят в верхнее положение. Индикатор показывает суммарный ток. При малых токах эмиссии чувствительность индикатора может быть повышена нажатием кнопки K_4 или K_5. При испытании на эмиссию комбинированных ламп первоначально устанавливают в верхнее положение переключатели, соединенные с анодом и сетками одной части лампы (например переключатели $П_1$ и $П_2$ в случае испытания левого триода лампы 6Н1П). Все остальные переключатели должны оставаться в нижнем положении, соединяя остальные электроды с «минусом» схемы. Затем подобным же образом производится измерение тока эмиссии других составных частей лампы (например, для испытания правого триода лампы 6Н1П переключатели $П_1$ и $П_2$ переводят вниз, а переключатели $П_3$ и $П_5$ устанавливают в верхнее положение). При испытании ламп с раздельными катодами выключение отдельных частей лампы можно также производить разрывом цепи соответствующего катода нажатием кнопки K_2 или K_3.

На рис. 11 приведена простая схема испытателя, позволяющая обойтись без переключения рода работы. Питание прибора производится от источников переменного напряжения. В исходном состоянии (при отжатых кнопках K_1—K_8) индикатор прибора позволяет измерять ток эмиссии простых ламп. Для ограничения тока в цепи индикатора включено сопротивление R_o, которое в момент измерения тока эмиссии замыкают накоротко нажатием кнопки K_9.

Показания индикатора будут отсутствовать при полной потере катодом эмиссии и обрыве в цепи накала или катода. Если анод или одна из сеток лампы замкнуты с катодом, нитью накала или металлическим баллоном (экраном), то через индикатор будет проходить переменный ток, который вызовет вибрацию его стрелки около нулевого положения. Пониженные показания индикатора относительно допустимых значений тока, определенных опытным путем по образцовым лампам, могут иметь место при частичной потере катодом эмиссионной способности, а также обрыве в цепи анода или сеток. Однако и при нормальной

величине показываемого индикатором тока испытываемая лампа может иметь дефекты, делающие ее неработоспособной (например, короткое замыкание между анодом и сеткой или между сетками).

Для определения неисправностей лампы нажимают поочередно кнопки, соединенные с ее электродами. Если при нажатии кнопки катода показания индикатора не исчезают, то катод замкнут с нитью накала или металлическим баллоном. В этом случае следует одновременно нажать кнопки, соединенные с катодом и баллоном. Если это приводит к исчезновению показаний индикатора, то существует замыкание между катодом и баллоном; в противном случае катод замкнут с нитью накала.

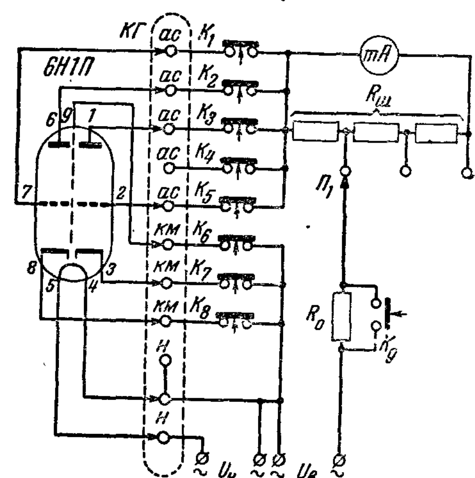


Рис. 11. Схема простейшего испытателя радиоламп с системой кнопок в цепях электродов.

При отсутствии дефектов в лампе разрыв цепи отдельных электродов при нажатии кнопок K_1—K_5 должен вызывать уменьшение показаний индикатора. Если последние не изменяются, то испытываемый электрод либо имеет обрыв в цепи, либо замкнут с другим электродом. Второй короткозамкнутый электрод обнаруживается таким же образом по неизменности показаний индикатора при нажатии соответствующей ему кнопки. При одновременном нажатии кнопок обоих короткозамкнутых электродов показания индикатора должны уменьшиться. Если второй короткозамкнутый электрод не обнаружен, то в цепи испытываемого электрода имеется обрыв.

При проверке на короткое замыкание и обрыв комбинированных ламп порядок испытания тот же. Следует лишь учесть, что если лампа имеет раздельные катоды, то при поочередном нажатии соответствующих им кнопок индикатор будет измерять ток эмиссии включенной части лампы. Если же лампа имеет общий вывод от катодов, то

исключение отдельных электродов из схемы испытания на эмиссию осуществляется одновременным нажатием соответствующих им кнопок. С этой точки зрения удобнее применить вместо кнопок K_1—K_5 обычные выключатели.

Схему испытателя, основанную на исходных схемах рис. 3,*б*, 5,*б* и 7,*а*, рекомендуем читателям разработать самостоятельно.

6. Коммутация электродов испытываемых радиоламп

Испытываемую лампу присоединяют к схеме испытателя через соответствующую ее цоколевке ламповую панельку. При этом, как было указано выше, отдельные группы электродов (*н*, *км* и *ас*) присоединяют к определенным цепям прибора.

Испытание радиоламп старых выпусков упрощалось тем, что назначение выводных штырьков на их цоколях было стандартным для большинства ламп. Например, для простых приемно-усилительных ламп с октальной (восьмиштырьковой) цоколевкой назначение выводов было следующим: штырьки *2* и *7* — нить накала, штырек *8* — катод; к остальным штырькам и колпачку на баллоне присоединялись выводы анода и сеток лампы.

В настоящее время отечественная промышленность непрерывно осваивает и серийно изготовляет много новых типов радиоламп, различающихся как по своему назначению, так и по конструктивному выполнению. Наряду с лампами, имеющими октальную цоколевку, выпускаются пальчиковые лампы с семи- и девятиштырьковыми ножками, лампы типа «жолудь», лампы с замковым цоколем, металлокерамические лампы, миниатюрные бесцокольные лампы и др.

Испытатели радиоламп должны позволять испытывать все основные типы ламп, применяемые в радиоаппаратуре промышленного изготовления и любительских приемно-усилительных и маломощных передающих радиоустройствах. Трудность конструктивного решения этой задачи связана с тем, что для многих типов ламп одинаковой цоколевки назначение одних и тех же выводных штырьков часто оказывается совершенно различным. Например, в пальчиковых лампах с семиштырьковой ножкой нить накала может быть присоединена к штырькам *3* и *4*, *1* и *7* или *1*, *5* и *7* (лампа 2П1П), а выводы катода — к штырькам *1*, *2*, *5* или *7*. Такое различие объясняется теми спе-

цифическими требованиями, которые предъявляются к лампам различного назначения и в частности к лампам, используемым в УКВ аппаратуре.

Схема коммутации испытателя должна создавать возможность испытания радиоламп при любых возможных вариантах их цоколевки. Этому требованию в полной мере удовлетворяет схема шнуровой коммутации электродов, приведенная на рис. 12. Схема содержит две

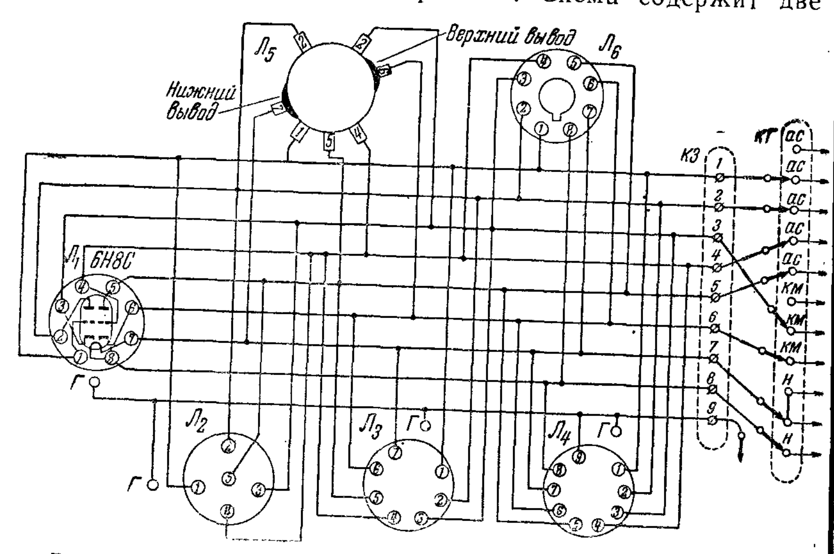


Рис. 12. Схема шнуровой коммутации электродов с применением ламповых панелек различных конструкций.

колодки: *КЗ* и *КГ* и шесть ламповых панелек, служащих для подключения: $Л_1$—ламп с октальным цоколем, $Л_2$—ламп старых выпусков с четырех- или пятиштырьковым цоколем, $Л_3$ и $Л_4$—пальчиковых ламп с семи- и девятиштырьковой ножками, $Л_5$—ламп типа «жолудь», $Л_6$—ламп с замковым цоколем. При наличии ламп другого конструктивного оформления могут быть введены в схему соответствующие им панельки и, наоборот, неиспользуемые панельки следует исключить.

Колодка *КЗ* снабжена девятью зажимами, которые соединены с гнездами всех ламповых панелек различных конструкций в определенном порядке, соответствующем их общепринятой нумерации. При наличии вывода на баллоне лампы последний соединяют посредством шнура и

специального гнезда *Г* с зажимом *9*. К каждому зажиму колодки *КЗ* подключен шнур с одиночной вилкой на конце. Все вилки располагаются на лицевой панели испытателя и соединяются с соответствующими зажимами колодки *КЗ*, находящейся внутри корпуса, через отверстия в панели.

На панели испытателя закреплена также колодка *КГ*, соединенная с его схемой (эта колодка показана на рис. 9—11). Колодка имеет 11 гнезд, которые предназначены для включения вилок шнуров колодки *КЗ*. Порядок включения вилок определяется назначением соответствующих им выводных штырьков испытываемой лампы. Нить накала лампы присоединяют к нижним гнездам колодки *КГ*. Если у нити выведена средняя точка (это имеет место, например, в лампах типов 2П1П и 4П1Л), то для испытания лампы при параллельном включении обеих половинок нити ее среднюю точку подключают к нижнему гнезду, а два крайних конца нити — к двум следующим гнездам, соединенным между собой. В качестве примера на рис. 12 показана схема коммутации шнуров для случая испытания лампы 6Н8С.

Схема шнуровой коммутации электродов может быть применена в любом из рассмотренных выше испытателей радиоламп. Достоинством этой схемы, помимо ее универсальности, является также то, что при испытании на эмиссию комбинированных ламп она позволяет легко исключать из схемы испытания отдельные электроды лампы; это достигается выключением соответствующих вилок из гнезд колодки *КГ*. Недостатком схемы является относительная сложность процесса коммутации, требующая от оператора знания цоколевки лампы.

На рис. 13 показан вариант схемы шнуровой коммутации, позволяющий сократить размеры испытателя путем установки на его панели всего лишь одной ламповой панельки *Л*, например октального типа. Лампы другого конструктивного оформления подключают к прибору посредством переходных колодок.

Переходная колодка представляет собой цоколь от радиолампы, непосредственно подключаемой к испытателю, в верхней части которого закреплена ламповая панелька испытываемого типа лампы. Штырьки цоколя соединены с контактами ламповой панельки в соответствии с их общепринятой нумерацией.

Для испытания бесцокольных ламп, у которых выводы от электродов сделаны непосредственно через баллон, при-

меняют переходную колодку, представляющую собой цоколь, к штырькам которого подключены проводники с зажимами. Последние снабжаются гравировкой, в соответствии с которой их присоединяют к электродам испытываемой лампы. Подобная переходная колодка может быть применена и в схеме коммутации рис. 12.

Широкого применения переходные колодки не получили, так как они создают в схеме испытания излишние переходные контакты, приводящие иногда к нарушению работы испытателя.

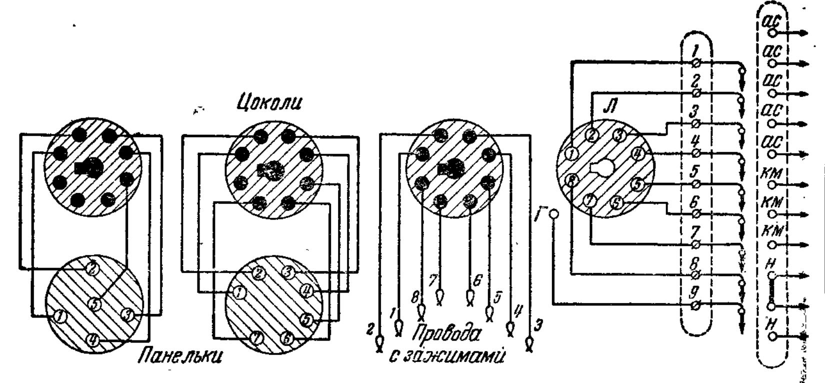


Рис. 13. Схема шнуровой коммутации электродов с применением системы переходных колодок.

Схемы шнуровой коммутации электродов, подобные рассмотренным выше, оказываются недостаточно удобными в тех случаях, когда приходится часто проверять радиолампы различных типов. Поэтому в некоторых конструкциях испытателей с целью упрощения коммутации увеличивают число ламповых панелек, каждую из которых предназначают для испытания группы радиоламп, имеющих сходную цоколевку. Гнезда панелек соединяют непосредственно или через промежуточную колодку со схемой испытателя.

Схема соединения ламповых панелек для ламп с октальной цоколевкой показана на рис. 14. Из схемы видно, что для проверки основных типов современных ламп испытатель должен иметь девять ламповых панелек октального типа. Для испытания пальчиковых ламп испытатель должен был бы иметь девять панелек с семью гнездами и девять панелек с девятью гнездами.

В табл. 2 для каждой ламповой панельки схемы рис. 14 указаны типы подключаемых к ней ламп и распределение их штырьков по основным группам электродов: *н*, *км* и *ас*. Например, в панельку $Л_1$ могут включаться для испы-

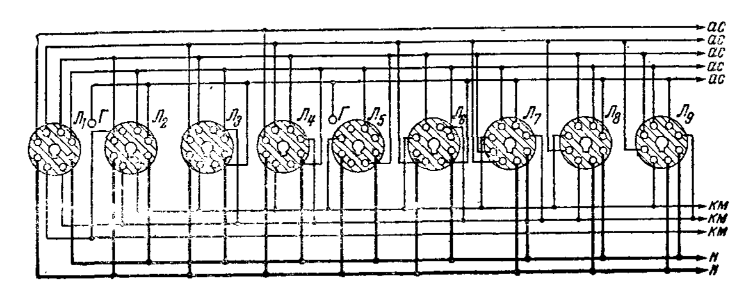


Рис. 14. Бескоммутаторная схема включения испытываемых радиоламп.

Таблица 2

Распределение радиоламп октальной цоколевки по ламповым панелькам бескоммутаторного испытателя

Ламповая панелька	Типы испытываемых радиоламп	Назначение выводов								
		1	2	3	4	5	6	7	8	Г
$Л_1$	1Н3С, 1Ц1С, 1Ц7С, 2Ж2М, 2К2М, 2П9М, 2Ц2С, 6А8, 6Б8С, 6Г7, 6Е5С, 6Ж6С, 6Ж7, 6К7, 6К9С, 6Л7, 6Н7С, 6П3С, 6П6С, 6С2С, 6С4С, 6С5С, 6Ц5С, 30П1С, 30Ц1М	*км*	*н*	*ас*	*ас*	*ас*	*ас*	*н*	*км*	*ас*
$Л_1$	5Ц3С, 5Ц4М, 5Ц4С	—	*н*	—	*ас*	—	*ас*	—	*н*	—
$Л_2$	6Х6С, 30Ц6С	*км*	*н*	*ас*	*км*	*ас*	—	*н*	*км*	—
$Л_3$	6Ж4, 6Ж8, 6К3 12Ж8, 12К3	*км*	*н*	*ас*	*ас*	*км*	*ас*	*н*	*ас*	—
$Л_4$	6А7, 6А10С	*км*	*н*	*ас*	*ас*	*ас*	*км*	*н*	*ас*	—
$Л_5$	6П7С, 6П13С	—	*н*	*км*	—	*ас*	—	*н*	*ас*	*ас*
$Л_6$	6Ж3, 6К4, 12К4, 6П9	*ас*	*н*	*км*	*ас*	*км*	*ас*	*н*	*ас*	—
$Л_7$	6Н5С, 6Н8С, 6Н9С	*ас*	*ас*	*км*	*ас*	*ас*	*км*	*н*	*н*	—
$Л_8$	6Г1, 6Г2, 12Г1, 12Г2	*км*	*ас*	*км*	*ас*	*ас*	*ас*	*н*	*н*	—
$Л_9$	6Н10С, 12Н10С	—	*ас*	*ас*	*ас*	*ас*	*км*	*н*	*н*	—

тания лампы, у которых штырьки *2* и *7* соединены с нитью накала, штырьки *1* и *8*—с катодом или металлическим баллоном, а остальные — с анодами и сетками. Как исключение с помощью этой панельки могут испытываться кенотроны типов 5Ц3С и 5Ц4С, у которых нить накала соединена со штырьками *2* и *8*; при испытании на обрыв или эмиссию штырьки *7* и *8* через контакты кнопки или переключателя обычно соединяются между собой, что обеспечивает подачу напряжения накала на эти лампы.

Если прибор рассчитывают на испытание ограниченного числа типов ламп, то количество ламповых панелек можно сократить. При необходимости испытания ламп другого конструктивного оформления устанавливают дополнительно панельки соответствующей цоколевки. Для определения требуемого числа панелек составляют таблицу, подобную приведенной выше. Примером может служить табл. 3, на основе которой читателю рекомендуется

Таблица 3

Распределение пальчиковых радиоламп по ламповым панелькам бескоммутаторного испытателя

Ламповая панелька	Типы испытываемых радиоламп	Назначение выводов									
		1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*Г*
$Л_1$	6Ж1П, 6Ж3П, 6Ж5П, 6К1П, 6С1П	*ас*	*км*	*н*	*н*	*ас*	*ас*	*км*	—	—	—
$Л_2$	6Б2П, 6Ж4П, 6К4П, 6Н15П	*ас*	*ас*	*н*	*н*	*ас*	*ас*	*км*	—	—	—
$Л_3$	6А2П, 6Ж2П, 6С2П	*ас*	*км*	*н*	*н*	*ас*	*ас*	*ас*	—	—	—
$Л_4$	6Х2П	*км*	*ас*	*н*	*н*	*км*	*км*	*ас*	—	—	—
$Л_5$	6Ц4П	*ас*	—	*н*	*н*	*км*	—	*ас*	—	—	—
$Л_6$	1А1П, 1А2П, 1К1П, 1К2П, 2П1П, 2П2П	*н*	*ас*	*ас*	*ас*	—	*ас*	*н*	—	—	—
$Л_7$	1Б1П, 1Б2П, 1С12П	*н*	*ас*	*ас*	*ас*	*ас*	*ас*	*н*	—	—	—
$Л_8$	1Ц11П	—	—	—	*н*	*н*	—	—	—	—	*ас*
$Л_9$	2Ж27П, 2П29П	*ас*	*км*	*ас*	*н*	*н*	*км*	*ас*	—	—	*ас*
$Л_{10}$	6Н1П, 6Н2П, 6Н5П	*ас*	*ас*	*км*	*н*	*н*	*ас*	*ас*	*км*	*км*	—
$Л_{11}$	6Н4П, 12Н4П	*ас*	*ас*	*км*	*н*	*н*	*ас*	*ас*	*км*	—	—
$Л_{12}$	6И1П, 6Ц10П	*ас*	*ас*	*км*	*н*	*н*	*ас*	*ас*	*ас*	*ас*	*км*
$Л_{13}$	6П1П, 6П14П	*ас*	*ас*	*км*	*н*	*н*	*ас*	*ас*	*км*	*ас*	—
$Л_{14}$	6Е1П	*ас*	*км*	*ас*	*н*	*н*	—	*ас*	*ас*	*ас*	—
$Л_{15}$	6П15П, 6П18П	*км*	*ас*	*км*	*н*	*н*	*км*	*ас*	—	*ас*	—
$Л_{16}$	6Ф1П	*ас*	*ас*	*ас*	*н*	*н*	*ас*	*км*	*км*	*ас*	—
$Л_{17}$	6Г3П	*ас*	*ас*	*км*	*н*	*н*	*ас*	*км*	*ас*	*ас*	—
$Л_{18}$	6Н3П	*н*	*км*	*ас*	*ас*	*км*	*ас*	*ас*	*км*	*н*	—

самостоятельно разработать бескоммутаторную схему включения пальчиковых ламп, аналогичную схеме на рис. 14.

Схема коммутации на рис. 14 пригодна лишь для тех испытателей, которые имеют в цепи электродов выключатели, позволяющие при проверке на эмиссию комбинированных ламп исключать из схемы испытания группу электродов. Если в схеме испытателя такой возможности не предусмотрено, то при испытании различных частей лампы на эмиссию комбинированную лампу приходится включать в различные панельки; в каждой из этих панелек гнезда, соединенные с выводными штырьками анодов и сеток, не входящими в схему испытания, должны оставаться свободными или соединяться с общим минусом. Поэтому испытание комбинированных ламп в подобных испытателях требует увеличения числа ламповых панелек.

В сложных испытателях радиоламп находит применение штепсельная коммутация электродов, с принципами которой читатель познакомится в § 9.

7. Питание испытателей радиоламп

Питание испытателей радиоламп может производиться от источника как постоянного, так и переменного напряжения.

На рис. 15 приведена схема питания испытателя от источников постоянного напряжения $Б_н$ и $Б_в$. Эти источники должны обеспечивать подачу на испытываемые лампы нормального напряжения накала $U_н$ и расчетного испытательного напряжения $U_в$, для которого составлена таблица минимально допустимых показаний индикатора испытателя при проверке ламп на эмиссию. Как указывалось, величину напряжения $U_в$ обычно выбирают в пределах 20 — 50 *в*. Для регулировки напряжений питания в цепи накала включен реостат $R_н$, а в цепи испытательного напряжения — потенциометр $R_в$.

Если испытываемая лампа должна работать при напряжении накала $U_н$, которому соответствует ток накала $I_н$, то при э. д. с. батареи накала $E_н$ и ее внутреннем сопротивлении $r_н$ сопротивление введенной части реостата

$$R_н = \frac{E_н - U_н}{I_н} - r_н.$$

Чем меньше величины $U_н$ и $I_н$, тем больше необходимая величина сопротивления $R_н$. Учитывая, что для экономичных батарейных радиоламп одновременно имеют место малые значения и напряжения и тока накала, полное сопротивление реостата выбирают из условия

$$R_{н.макс} \geqslant \frac{E_н}{I_{н.мин}}, \qquad (6)$$

где $I_{н.мин}$ — наименьший возможный ток накала испытываемых типов радиоламп.

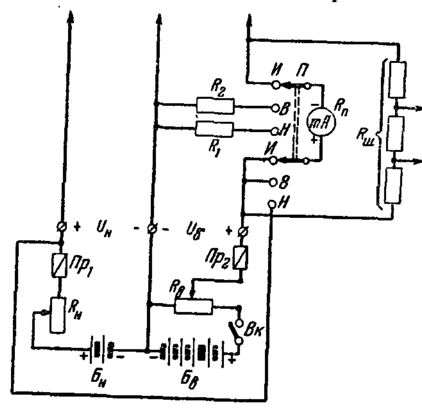


Рис. 15. Схема питания испытателя радиоламп от источников постоянного тока.

Диаметр провода реостата накала выбирают, исходя из максимально возможного тока накала испытываемых типов радиоламп. В том случае, если испытание ламп на короткое замыкание должно производиться без включения накала, желательно, чтобы реостат имел такую конструкцию, при которой в одном из крайних положений его ручки, соответствующем максимальному сопротивлению реостата $R_н$, цепь накала оказалась разорванной.

Сопротивление потенциометра $R_в$ должно удовлетворять двум условиям: 1) мало нагружать батарею $Б_в$; 2) обеспечивать малое влияние испытываемых ламп на величину напряжения $U_в$, снимаемого с потенциометра. Обычно выбирают $R_в = 500 \div 2\,000$ *ом*. Сопротивление $R_в$ часто составляют из двух частей — постоянной и переменной, что повышает плавность регулировки напряжения $U_в$.

Для предохранения схемы прибора и источников питания от коротких замыканий, могущих возникнуть вследствие неисправностей испытываемой лампы или при ее неправильном подключении, в цепях питания включены предохранители $Пр_1$ и $Пр_2$.

Для контроля напряжений $U_н$ и $U_в$ обычно используют индикатор испытателя. Возможная схема его включения по-

казана на схеме рис. 15. При установке переключателя $П$ в положение $Н$ миллиамперметр mA, включенный последовательно с добавочным сопротивлением R_1, измеряет напряжение $U_н$. В положении переключателя $В$ миллиамперметр, включенный последовательно с добавочным сопротивлением R_2, измеряет напряжение $U_в$. Для работы индикатора в схеме испытателя переключатель $П$ ставят в положение $И$. Индикатор снабжают дополнительной шкалой, проградуированной в значениях напряжения $U_н$, на которую наносят метку, указывающую отклонение стрелки при нормальном напряжении $U_в$.

Перед испытанием каждой лампы ручку реостата накала следует ставить в положение, при котором реостат $R_н$ полностью введен. Необходимое напряжение накала устанавливают по вольтметровой шкале индикатора при подключенной к испытателю лампе. Если напряжение накала не регулируется и индикатор показывает э. д. с. источника $Б_н$, то нить накала лампы оборвана.

При испытании на обрыв и эмиссию высокое напряжение $U_в$ следует подавать на лампу лишь после ее прогрева, когда внутреннее сопротивление лампы достигнет устойчивой величины. Напоминаем, что длительное включение лампы в указанные схемы испытания при включенном напряжении $U_в$ недопустимо.

Если прибор предназначен для испытания радиоламп с самыми различными значениями напряжения $U_н$ и тока $I_н$, реостат $R_н$ должен, имея большое сопротивление, выдерживать значительный ток или иметь сложную конструкцию со ступенчатым изменением диаметра обмоточного провода; в обоих случаях габариты прибора возрастают. Различные напряжения $U_н$ можно также получить применением нескольких батарей накала или одной батареи с большим количеством отводов, что также встречает затруднения. Поэтому питание от источников постоянного напряжения обычно применяют лишь в тех приборах, которые предназначаются для испытания радиоламп, работающих при одинаковых или близких по величине напряжениях накала.

Для питания цепей накала основных типов современных приемно-усилительных и маломощных генераторных ламп источник питания должен обеспечивать по крайней мере следующие напряжения $U_н$: 1,2; 2,2; 4,0; 6,3; 12,6 и 30 *в*. Получение всех необходимых напряжений легко до-

стигается при питании испытателя от сети переменного тока через силовой трансформатор, имеющий секционированную вторичную обмотку, как это показано на схеме рис. 16,*а*. Выбор необходимого напряжения накала производится переключателем $П_1$. Переключатель должен обеспечивать надежный контакт, так как величина тока накала для отдельных типов ламп достигает нескольких ампер. Во избежание повреждения испытываемых ламп переключатель следует устанавливать в нужное положение до подключения лампы к испытателю; переключение

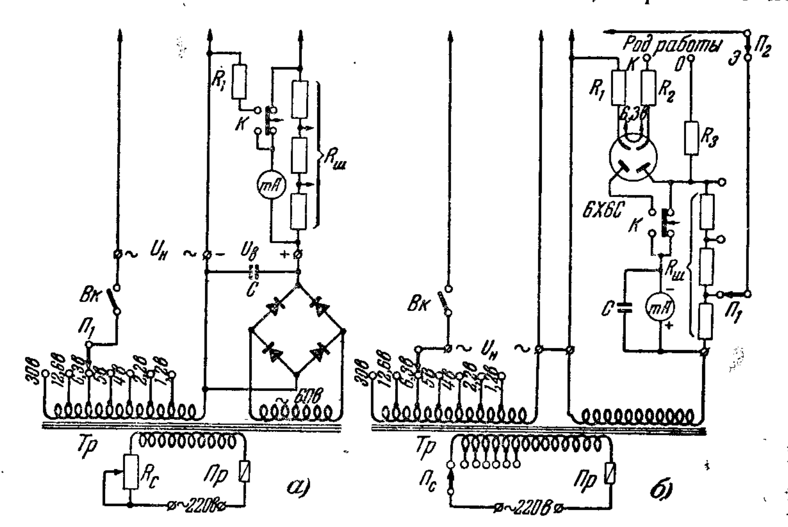


Рис. 16. Схемы питания испытателя радиоламп от сети переменного тока.

под током нежелательно и вследствие обгорания контактов переключателя. Для выключения накала лампы при ее испытании на короткое замыкание служит выключатель *Вк*.

При испытании радиоламп на обрыв и эмиссию испытательное напряжение $U_в$ может быть постоянным или переменным. При испытании же лампы на короткое замыкание индикатор по существу включен в схему пробника постоянного тока и для его работы необходимо, чтобы напряжение $U_в$ было постоянным или пульсирующим. В схеме питания на рис. 16,*а* выпрямление переменного напряжения осуществляется с помощью двухполупериодного выпрямителя, составленного, например, из двух селеновых

столбиков типа ТВС-40-12. Выпрямленное напряжение используется для питания всех трех схем испытания. Для сглаживания его пульсаций служит конденсатор *С* емкостью порядка 1 *мкф*.

На рис. 16,*б* показан другой вариант схемы питания, в котором постоянное напряжение, получаемое от однополупериодного лампового выпрямителя, используется для питания схемы проверки ламп на короткое замыкание. При испытании на обрыв или эмиссию на электроды лампы подается переменное напряжение, снимаемое непосредственно со вторичной обмотки трансформатора.

При питании испытателя от сети переменного тока следует учитывать возможность значительных колебаний питающего напряжения. Но испытание лампы на эмиссию должно производиться при строго определенных напряжениях питания $U_н$ и $U_в$. Наиболее совершенный способ обеспечения нужного постоянства этих напряжений — применение в схеме питания феррорезонансных, электронных или ионных стабилизаторов. Если же прибор не содержит стабилизатора, то для получения правильных результатов испытания производят ручную регулировку напряжения питания. Эту регулировку удобнее всего осуществить в цепи первичной обмотки силового трансформатора посредством плавного изменения реостатом напряжения, подаваемого на эту обмотку (рис. 16,*а*) или переключения числа витков обмотки (рис. 16,*б*); такая регулировка приводит к одновременному и взаимнопропорциональному изменению напряжений на всех вторичных обмотках. В этом случае контроль напряжения питания можно производить с помощью одного вольтметра переменного тока, постоянно подключенного к одной из обмоток силового трансформатора. При отсутствии такого вольтметра для контроля можно использовать индикатор испытателя. В схемах на рис. 16 для этой цели служит кнопка *К*, при нажатии которой индикатор включается в схему вольтметра постоянного тока для измерения выпрямленного напряжения $U_в$ (схема на рис. 16,*а*) или в схему вольтметра переменного тока для измерения переменного напряжения на одной из вторичных обмоток трансформатора (схемы на рис. 16,*б*). При правильной регулировке схемы питания нормальному напряжению $U_в$, отмечаемому по шкале индикатора, соответствует нормальное напряжение накала $U_н$.

Следует помнить, что регулировка режима питания должна производиться при включенной нагрузке. Поэтому

при работе индикатора в качестве вольтметра испытываемая лампа должна оставаться подключенной к зажимам питания через шунты к индикатору.

Задача 1. Для схемы питания рис. 16, *а* рассчитать сопротивления $R_н$, $R_в$, $R_ш$, R_1 и R_2, исходя из следующих условий:

1. Аккумуляторная батарея накала $Б_н$ типа 7 НКН-45 имеет начальную э. д. с. $E_н = 8{,}75$ *в*. Напряжение накала испытываемых типов ламп $U_н = 1{,}2 \div 6{,}3$ *в* при токе накала $I_н = 0{,}05 \div 0{,}9$ *а*.

2. Высоковольтная аккумуляторная батарея $Б_в$ типа 64 АКН-2,25 имеет начальную э. д. с. $E_в = 80$ *в*. Рабочее напряжение $U_в = 50$ *в*.

3. Индикатор прибора — миллиамперметр М52 — имеет данные: ток полного отклонения $I_п = 1$ *ма*, сопротивление рамки $R_п = 75$ *ом*. При испытании ламп на короткое замыкание и обрыв индикатор включен в схеме миллиамперметра с пределом 2 *ма*. При измерении напряжений $U_н$ и $U_в$ индикатор в схеме вольтметра имеет пределы измерений соответственно 10 и 100 *в*.

Ответ. $R_{н\ макс} = 180$ *ом*; $R_{в\ макс} = 2$ *ком*; $R_ш = 75$ *ом*; $R_1 = 10$ *ком*; $R_2 = 100$ *ком*.

8. Проверка качественных показателей радиоламп

Испытание радиоламп на короткое замыкание, обрыв и эмиссию позволяет судить об их работоспособности. Однако эти испытания не гарантируют высокого качества работы ламп в радиоаппаратуре.

При расчете и конструировании радиопередающих, радиоприемных и других ламповых устройств действие радиоламп каждого типа учитывают по их усредненным характеристикам, приводимым в справочниках или заводских паспортах. Главными из этих характеристик являются анодная, определяющая зависимость анодного тока от анодного напряжения при постоянстве напряжений на других электродах, и анодно-сеточная, определяющая зависимость анодного тока от напряжения на управляющей сетке при постоянстве напряжений на остальных электродах лампы. Исходя из этих усредненных характеристик определяют режим работы лампы, при котором она действует наиболее эффективно при малых искажениях.

Действительные характеристики нескольких ламп одного типа могут отличаться от расчетной (усредненной) и друг от друга вследствие возможных небольших различий в их конструкции, качестве вакуума, величине тока эмиссии и т. д. Эти различия увеличиваются при сравнении новых ламп с лампами, бывшими в эксплуатации, у которых со временем уменьшается эмиссионная способность катода или

возникает взаимное смещение электродов вследствие механических сотрясений или ударов.

При конструировании радиоаппаратуры обычно исходят из возможности некоторого разброса параметров используемых радиоламп в пределах производственных допусков, определяемых техническими условиями. Поэтому индивидуальные характеристики радиоламп могут отличаться от усредненных в пределах допускаемых отклонений их электрических параметров.

Для полного суждения о качестве радиолампы следовало бы снять семейство ее анодно-сеточных или анодных характеристик при различных напряжениях на электродах. Практически это осуществляется лишь с учебной или научной целью, так как для снятия характеристик требуется создание специальных, сравнительно сложных схем, которые к тому же для каждого типа ламп должны видоизменяться. В приборах, предназначенных для качественного испытания радиоламп, ограничиваются определением при типовом режиме работы лампы двух основных величин, непосредственно связанных с ее характеристиками, а именно: величины анодного тока и крутизны анодно-сеточной характеристики лампы на прямолинейном ее участке. Проверка этих величин должна обязательно производиться после испытания лампы на отсутствие в ней коротких замыканий, так как наличие последних может привести к порче индикатора. При этом специальная проверка лампы на обрыв и эмиссию может не производиться, так как наличие соответствующих дефектов приводит к заметному уменьшению анодного тока и крутизны.

Испытание лампы на величину ее анодного тока и крутизну характеристики легко дополняется проверкой качества вакуума и определением наличия в лампе плохих контактов между электродами и выводными штырьками.

К испытателям радиоламп указанного выше типа относятся отечественные приборы типов ИЛ-12 и ИЛ-14.

9. Измерение величины анодного тока радиоламп

Принципиальная схема измерения анодного тока представлена на рис. 17,*а*. На анод и сетки испытываемой лампы подаются постоянные напряжения, соответствующие одному из рекомендуемых режимов работы. Если характеристика лампы совпадает с расчетной, то анодный ток, измеренный миллиамперметром *mA*, должен быть определенной величины. Например, для пентодной части лампы 6Б8С

при типовом режиме ($U_н = 6{,}3$ *в*; $U_a = 250$ *в*; $U_{c1} = -3$ *в* и $U_{c2} = 150$ *в*) анодный ток I_a, как это видно из приведенной на рис. 17,*в* анодной характеристики, должен равняться 10 *ма*. У исправных ламп действительное значение анодного тока может несколько отличаться от расчетного; допустимая величина этого отклонения в каждом конкретном

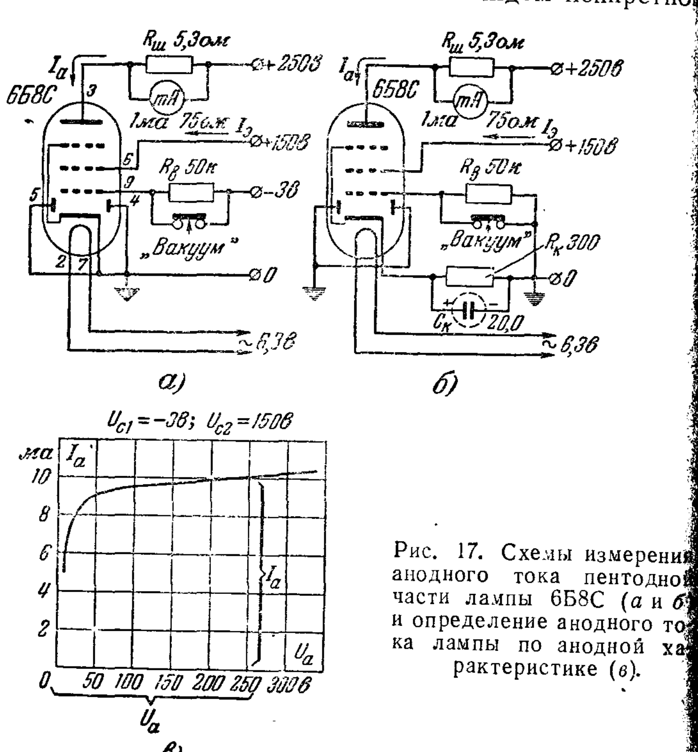


Рис. 17. Схемы измерения анодного тока пентодной части лампы 6Б8С (*а* и *б*) и определение анодного тока лампы по анодной характеристике (*в*).

случае определяется условиями работы в той или иной установке и для большинства приемно-усилительных ламп обычно лежит в пределах $\pm(10 \div 30)\%$. Требуемый предел измерений миллиамперметра *mA* обеспечивается соответствующим выбором сопротивления шунта $R_ш$.

С целью упрощения схемы иногда отказываются от применения источника сеточного смещения: в этом случае измерение анодного тока производят по схеме рис. 17,*б*. Здесь в цепи катода лампы включено сопротивление автоматического смещения $R_к$, шунтированное низковольтным

электролитическим конденсатором большой емкости $C_к$; необходимую величину сопротивления $R_к$ определяют по формуле

$$R_к = \frac{U_{c1}}{I_a + I_э}, \qquad (7)$$

где значения напряжения U_{c1}, анодного тока I_a и тока экранирующей сетки $I_э$ берут соответствующими типовому режиму.

Испытание диодов производят по схеме рис. 18,*а* при подаче на анод испытываемой лампы постоянного напряжения порядка 10—20 *в* и измерении соответствующего тока эмиссии миллиамперметром *mA*.

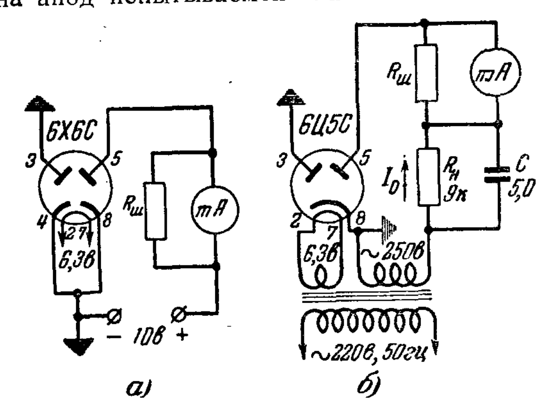


Рис. 18. Схемы измерения тока эмиссии диода (*а*) и выпрямленного тока кенотрона (*б*).

Испытание кенотронов производят по схеме рис. 18,*б* при подаче на испытываемую лампу, включенную последовательно с эквивалентным ее нагрузке сопротивлением $R_н$, переменного синусоидального напряжения порядка 100—250 *в*. В этом случае миллиамперметр *mA* будет измерять величину постоянной составляющей выпрямленного тока I_0, нормальное значение которой определяют, исходя из характеристик кенотрона или опытным путем.

При испытании комбинированных ламп величину анодного тока измеряют отдельно для каждой части лампы. Свободные электроды соединяют с корпусом или оставляют свободными.

Типовые режимы радиоламп различных типов не совпадают. Поэтому в испытателях, предназначаемых для про-

верки анодного тока радиоламп, приходится предусматривать возможность получения напряжений различных величин для питания цепей накала, анода, экранирующей и управляющей сеток, а также возможность коммутации этих напряжений в соответствии с требуемым режимом испытания.

На рис. 19 представлена схема подобного прибора со шнуровой коммутацией электродов и питающих напряжений, основанная на исходных схемах рис. 17,*а* и 18. В этой схеме на электроды испытываемой лампы подают необходимые напряжения путем вставления штепселей, соединенных шнурами с зажимами колодки *КЗ*, в соответствующие гнезда блока питания. В анодную цепь лампы включают на требуемом пределе миллиамперметр, измеритель которого присоединяют к схеме нажатием кнопки «*Отсчет*»; это уменьшает опасность повреждения измерителя при неправильном выборе предела измерений. Штепсель *9*,

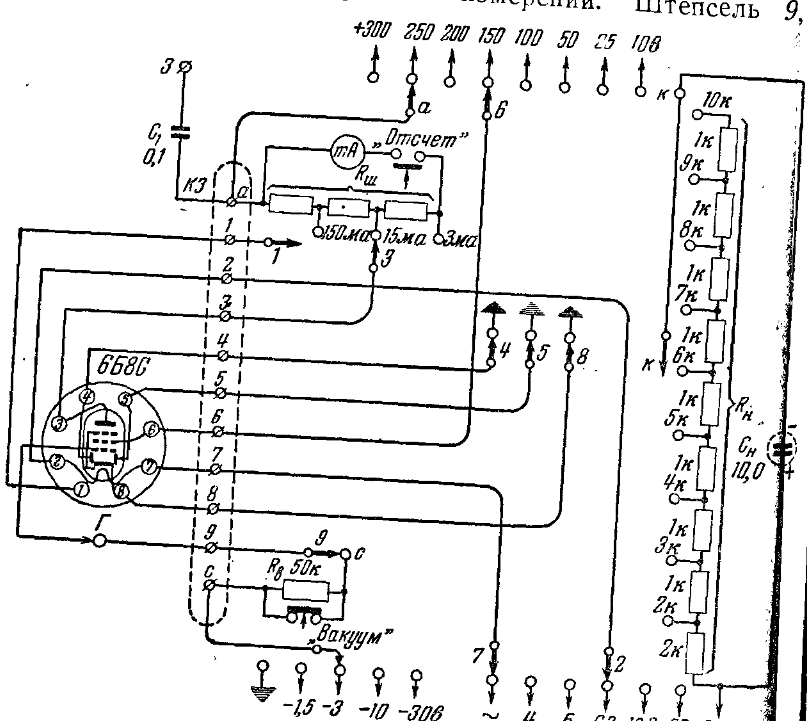


Рис. 19. Схема измерения анодного тока радиоламп со шнуровой коммутацией электродов и питающих напряжений.

соединенный с управляющей сеткой лампы, вставляют в гнездо *с*. При испытании кенотронов штепсель *а* вставляют в гнездо *к*, а штепсель *к*, соединенный шнуром с этим гнездом, — в одно из гнезд магазина сопротивлений $R_н$ (в зависимости от требуемой величины нагрузки).

Блок питания прибора, не показанный на чертеже, должен содержать силовой трансформатор с секционированной вторичной обмоткой, обеспечивающей получение необходимых переменных напряжений для питания нитей накала ламп и анодной цепи кенотронов, и два выпрямителя, нагруженные на делители напряжения; один из выпрямителей обеспечивает питание анодов и экранирующих сеток ламп, а второй создает смещающие напряжения для управляющих сеток. Для поддержания постоянства питающих напряжений в приборе предусматривают автоматическую или ручную регулировку.

Благодаря шнуровой коммутации всех электродов необходимое число ламповых панелек равно числу возможных вариантов конструктивного оформления испытываемых типов радиоламп. Это упрощает конструкцию прибора, но в то же время усложняет процесс коммутации, который во избежание ошибок должен выполняться весьма тщательно.

В испытателях промышленного изготовления часто применяют ш т е п с е л ь н у ю к о м м у т а ц и ю электродов и питающих напряжений. Используемая в подобных приборах схема проверки анодного тока радиоламп, основанная на исходных схемах рис. 17,*б* и 18, приведена на рис. 20. Здесь подача необходимых напряжений на электроды лампы производится с помощью коммутатора, состоящего из системы гнезд и комплекта одиночных штепселей (вилок). Каждое гнездо содержит две изолированные друг от друга половинки, которые электрически соединяются при вставлении в гнездо штепселя.

Для подключения испытываемых ламп прибор имеет ряд ламповых панелек, из которых некоторые являются однотипными. Каждая панелька предназначена для подключения ламп, нить накала которых выведена на одинаковые штырьки. Например, для испытания ламп с октальной цоколевкой имеются три ламповые панельки: $Л_1$, $Л_2$, $Л_3$, к которым подключаются лампы, у которых нить накала выведена соответственно на штырьки *2* и *7*, *7* и *8*, *2* и *8*. Соответствующие гнезда всех панелек соединены с общими зажимами *н—н*, на которые можно подать необходимое напряжение накала путем вставления штепселя в одно из гнезд *65—71*.

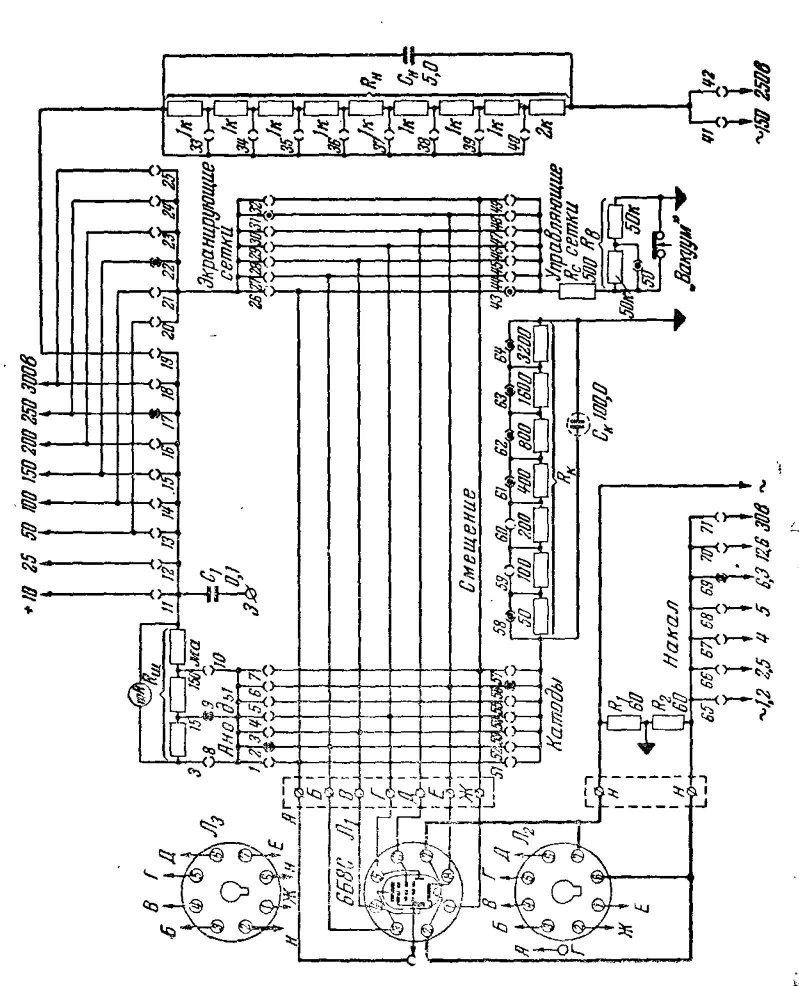


Рис. 20. Схема измерения анодного тока радиоламп со штепсельной коммутацией электродов и питающих напряжений.

Испытываемые лампы могут иметь подогревный катод или катод прямого накала. При питании катода прямого накала переменным током наблюдаются пульсации анодного тока ламп вследствие непрерывных колебаний температуры катода, вызывающих соответствующие пульсации тока эмиссии, и периодического изменения потенциала различных точек катода, а следовательно, и разности потенциалов между катодом и другими электродами. Для уменьшения пульсаций анодного тока, искажающих результаты измерений, средней точке катода придают потенциал корпуса (общего минуса). Практически это осуществляют включением параллельно нити накала двух одинаковых сопротивлений R_1 и R_2 по 50—100 *ом*, общую точку которых присоединяют к корпусу.

В рассматриваемой схеме необходимое смещение на управляющую сетку испытываемой лампы задается штепсельным магазином сопротивлений $R_к$, включенным в цепи катода и зашунтированным низковольтным электролитическим конденсатором большой емкости $C_к$; сопротивление автоматического смещения может быть установлено любой величины (через каждые 50 *ом*) в пределах 0—6 350 *ом*. Для уменьшения опасности самовозбуждения испытательной схемы на сверхвысоких частотах вследствие наличия паразитных связей между проводами монтажа последние берут по возможности короче и экранированными, а в цепи управляющей сетки испытываемой лампы включают сопротивление R_c.

Путем установки штепселей в соответствующие гнезда коммутатора лампа при испытании ставится в режим, наиболее близкий к типовому. Предел измерений миллиамперметра выбирается с помощью гнезд *8—10* в соответствии с ожидаемой величиной анодного тока. Установка штепселей коммутатора для случая испытания пентодной части лампы 6Б8С показана на схеме рис. 20 черными кружками. При испытании кенотронов замыкают гнездо *19*, а необходимый режим испытания получают установкой штепселей в гнезда *33—42*.

Если действительный режим испытания лампы отличается от типового, нормальная величина анодного тока может быть определена, исходя из характеристик лампы или практическим путем на основе испытания нескольких доброкачественных ламп. При этом следует учитывать, что в схеме питания используется один общий силовой трансформатор, а положительные напряжения, подаваемые на различные

электроды, создаются одним и тем же выпрямителем. Эт приводит к взаимосвязи питающих напряжений. В резуль тате действительные величины напряжений, приложенны к электродам испытываемой лампы, могут несколько отли чаться от ожидаемых согласно гравировке гнезд; различи будет тем значительнее, чем бо́льшую нагрузку представ ляет лампа для источника питания.

В испытателях радиоламп рассмотренного типа для упро щения коммутации электродов и полного устранения воз можности ошибок применяют следующий метод. Для лам

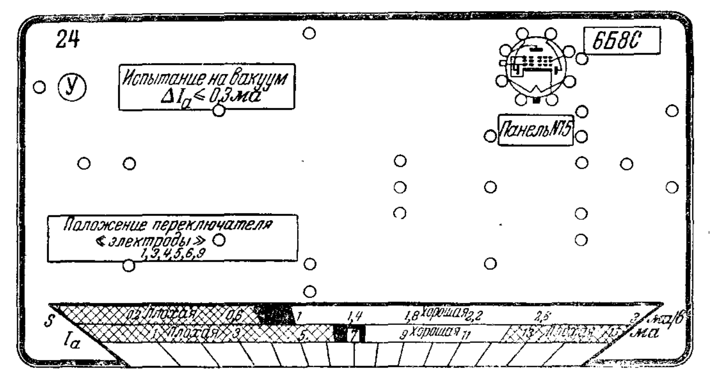


Рис. 21. Испытательная карта прибора ИЛ-14 для пентодной час лампы 6Б8С.

пы каждого типа из плотного картона изготовляют и с п т а т е л ь н у ю к а р т у. У левого и правого краев кар пробивают по отверстию, посредством которых карту н саживают на шпильки, установленные по краям коммут тора. Кроме того, в карте пробивают ряд отверстий, ра положенных против гнезд, в которые должны быть вста лены штепсели. Для создания нужного для испытываем лампы режима требуется поместить на коммутатор соо ветствующую этой лампе карту и во все отверстия после ней вставить штепсели. При испытании комбинированны ламп отдельную карту изготовляют для каждой час лампы.

В качестве примера на рис. 21 изображена испытател ная карта № 24 прибора ИЛ-14, применяемая для испыт ния пентодной части лампы 6Б8С. Испытываемую лам включают в панель № 15. Проверке анодного тока долж предшествовать испытание лампы на короткое замыкани которое производится по схеме рис. 3,*б*; соответствующ

данному испытанию положения переключателя *Электроды*, при которых не должно быть отклонения стрелки индикатора, указаны на карте.

Для облегчения отсчета величины анодного тока I_a при выбранном пределе измерений миллиамперметра в нижней части карты нанесена вспомогательная шкала, деления которой являются как бы продолжением соответствующих делений основной шкалы индикатора, над которой карта располагается. Для быстрой оценки степени годности проверяемых ламп по анодному току на шкале выделены зоны годности: *Хорошая*, *Работоспособная* и *Плохая*. Зона годности *Хорошая* (незаштрихованная) соответствует анодному току, лежащему в пределах норм технических условий для данной лампы. Зона годности *Работоспособная* (черная) соответствует допустимому уменьшению анодного тока лампы в процессе ее эксплуатации. Лампы, анодный ток которых лежит в пределах заштрихованной зоны *Плохая*, к эксплуатации не пригодны.

Характеристика других данных, приведенных на испытательной карте, так же как и назначение некоторых дополнительных элементов схем на рис. 17—20, даются в последующих параграфах.

10. Проверка наличия плохих контактов внутри лампы

Схемы измерения анодного тока на рис. 19 и 20 при условии их подключения к источнику высокого напряжения через активный делитель напряжения могут быть применены для обнаружения наличия внутри лампы плохих контактов. Для этой цели зажим *3*, связанный через разделительный конденсатор C_1 с анодной цепью испытываемой лампы, соединяют проводником со входом любого усилителя низкой частоты (например, с низкочастотным входом радиоприемника). При наличии внутри лампы плохих контактов легкое постукивание по ее баллону или цоколю приводит к колебаниям анодного тока. Эти колебания через конденсатор C_1 передаются на вход усилителя и прослушиваются через громкоговоритель в виде тресков. При исправной лампе механическое воздействие на нее не вызывает подобного явления.

11. Проверка качества вакуума радиоламп

Для многих типов вакуумных радиоламп, особенно генераторных и выходных приемно-усилительных, качество вакуума внутри баллона имеет большое значение. Понижен-

ный вакуум приводит к ухудшению качества работы лампы и сокращению ее срока службы.

Ориентировочная оценка качества вакуума приемно-усилительных ламп может быть произведена в процессе измерения их анодного тока по рассмотренным выше схемам на рис. 17, 19 и 20; для этой цели используют явление ионизации, возникающие при наличии внутри баллона заметных остатков газа.

Как известно, часть электронов, излучаемых катодом, при движении к аноду сталкивается с атомами газа и выбивает из них электроны. Атом, лишенный одного или нескольких электронов, превращается в положительный ион. Положительные ионы газа устремляются к отрицательно заряженной управляющей сетке, создавая в ее внешней цепи ток, протекающий в направлении от сетки к катоду. Степень ионизации и величина ионного тока тем больше, чем значительнее остатки газа в баллоне.

Для проверки качества вакуума измеряют анодный ток лампы при типовом режиме ее работы; затем нажатием кнопки *Вакуум* в цепь управляющей сетки включают большое сопротивление $R_в$ и замечают, на какую величину ΔI_a изменится при этом анодный ток. При пониженном вакууме протекающий в цепи сетки ионный ток создает на сопротивлении $R_в$ положительное (относительно катода) падение напряжения, уменьшающее отрицательное смещение на сетке, что приводит к заметному возрастанию анодного тока лампы. Если лампа имеет высокий вакуум, то при нажатии кнопки *Вакуум* анодный ток сохранит прежнее значение или изменится незначительно.

В зависимости от действительных условий работы испытываемых типов ламп и предъявляемых к ним требований могут быть практически определены допустимые изменения их анодного тока ΔI_a при проверке на вакуум; как видно из рис. 21, в приборе ИЛ-14 эти значения указываются непосредственно на испытательных картах ламп. Для большинства приемно-усилительных ламп можно считать допустимым изменение анодного тока в пределах до 5% его нормального значения при включении в цепь управляющей сетки сопротивления $R_в = 50 \div 100$ *ком.*

Лампы, имеющие стеклянные баллоны (в том числе и электронно-лучевые трубки), могут проверяться на вакуум в обесточенном состоянии при помощи специальных приборов, создающих мощное высокочастотное поле, под дей-

ствием которого происходят ионизация и свечение остатков газа внутри баллона лампы. Такие приборы находят широкое применение в заводской и лабораторной практике.

12. Проверка крутизны характеристики триодов и многосеточных радиоламп

Крутизна характеристики является важнейшим параметром, характеризующим усилительное действие радиоламп.

Крутизна характеристики определяется формулой

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c} \ [ма/в], \tag{8}$$

где ΔI_a — приращение анодного тока лампы, вызываемое приращением напряжения, приложенного к управляющей сетке лампы, на величину ΔU_c при неизменном анодном напряжении U_a.

Определение крутизны производят на прямолинейном участке анодно-сеточной характеристики лампы при типовом режиме ее работы. Для получения правильных результатов измерения приращение напряжения ΔU_c желательно брать возможно меньшим. Однако при малых значениях приращений ΔU_c и ΔI_a затрудняется их точный отсчет по измерительным приборам.

Приближенное измерение крутизны характеристики производят по простейшей схеме рис. 22,*а*. Здесь при помощи потенциометра R_1 изменяют напряжение смещения на управляющей сетке испытываемой лампы на некоторую произвольно выбранную величину ΔU_c, определяемую по разности показаний вольтметра *V*. Соответствующее приращение анодного тока ΔI_a находят по разности показаний миллиамперметра *mA*. Для получения заметных изменений показаний приборов, измеряющих полное напряжение и ток в цепи соответствующих электродов, приходится использовать относительно большие приращения ΔU_c и ΔI_a. Величину крутизны подсчитывают по формуле (8). Лампу можно считать пригодной к эксплуатации, если крутизна ее характеристики составляет не менее 60 — 75% нормального значения крутизны, указываемого в справочниках.

Более точные результаты получаются при непосредственном измерении по схеме рис. 22, *б* небольших приращений ΔU_c и ΔI_a независимо от величины полного напряжения

смещения U_c и анодного тока I_a. В этой схеме при установке ползунка потенциометра R_1 в нижнее (по чертежу) положение при помощи переменного сопротивления R_o, включенного последовательно с низковольтным источником напряжения U_o, устанавливают стрелку миллиамперметра mA на

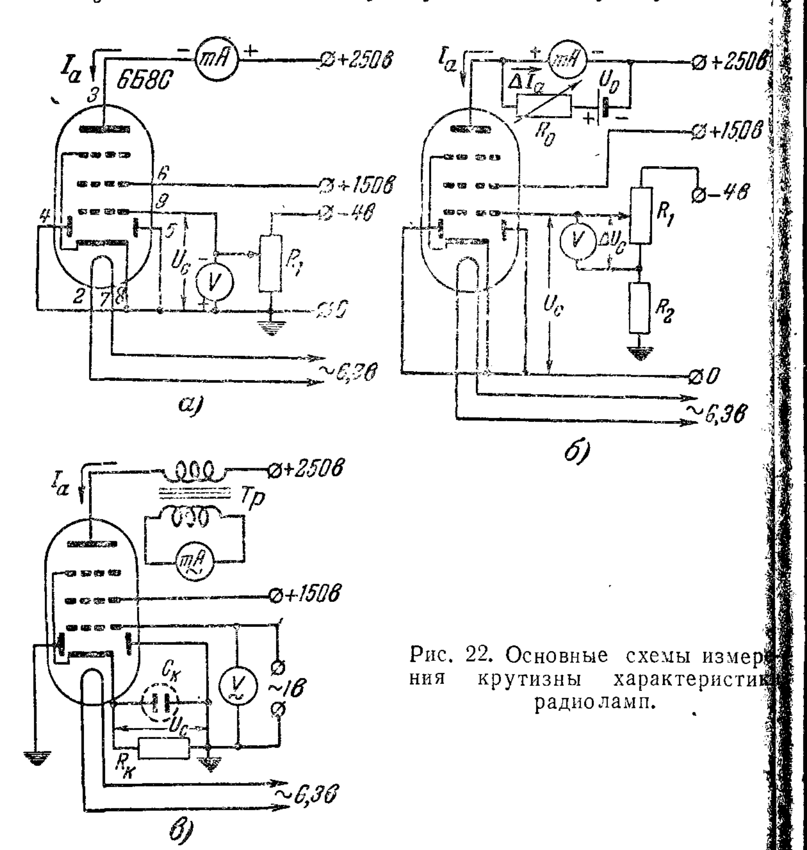


Рис. 22. Основные схемы измерения крутизны характеристики радиоламп.

нуль шкалы; это достигается созданием через миллиамперметр компенсирующего тока, противоположного по направлению и равного по величине исходному анодному току. Затем потенциометром R_1 увеличивают напряжение смещения на величину ΔU_c, что вызывает уменьшение анодного тока на величину ΔI_a. При условии использования высокочувствительных измерительных приборов приращения ΔU_c и ΔI_a

непосредственно измеряемые этими приборами, могут быть взяты весьма малыми.

Процесс измерения крутизны существенно упрощается, если в качестве приращения ΔU_c взять переменное напряжение, как это показано в схеме на рис. 22,*в*. Переменное напряжение ΔU_c и соответствующая ему переменная составляющая анодного тока ΔI_a, измеряемые приборами переменного тока V и mA, автоматически отделяются от постоянного

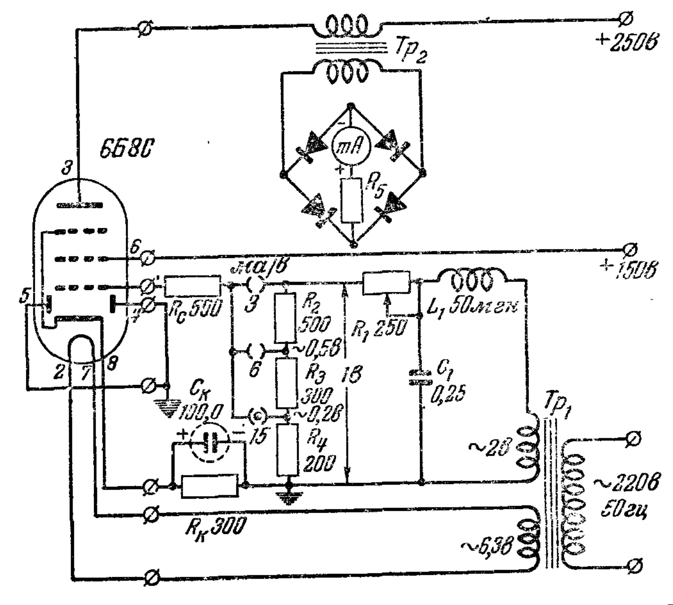


Рис. 23. Схема прибора для непосредственного измерения крутизны характеристики радиоламп.

ного напряжения U_c и постоянного тока I_a, на которые они наложены. Если напряжение ΔU_c брать строго определенной величины, например равной 1 *в*, то миллиамперметр mA можно проградуировать непосредственно в значениях крутизны S.

Возможная схема крутизномера, основанная на рассмотренном принципе, приведена на рис. 23. На управляющую сетку испытываемой лампы от одной из обмоток силового трансформатора Tp_1 через помехозащитный фильтр L_1C_1 и регулировочный реостат R_1, служащий для коррекции градуировки прибора, подается переменное напряжение ΔU_c; дей-

ствующая величина последнего с помощью делителя напряжения $R_2 - R_4$ может быть взята равной 1; 0,5 или 0,2 *в*. При анодном напряжении $\Delta U_c = 1$ *в* соответствующее приращение анодного тока ΔI_a, численно равное крутизне S, измеряется детекторным миллиамперметром, подключенным к анодной цепи через трансформатор Tp_2. Предел измерений крутизномера, определяемый данными детекторного миллиамперметра и трансформатора Tp_2, подгоняется к требуемому значению подбором сопротивления R_5, включаемого последовательно или параллельно с индикатором миллиамперметра. Расширение предела измерений в сторону бо́льших значений крутизны достигается уменьшением входного переменного напряжения ΔU_c до 0,5 или 0,2 *в*. Тогда отклонение стрелки миллиамперметра на всю шкалу будет происходить соответственно при вдвое или впятеро большей крутизне S, чем при входном напряжении 1 *в*.

При малых значениях крутизны чувствительность детекторного прибора может оказаться недостаточной для измерения с необходимой точностью переменной составляющей анодного тока. Повысить чувствительность крутизномера можно путем применения предварительного лампового усилителя.

При расчете схемы крутизномера следует учитывать, что достаточно высокая точность измерений может быть достигнута лишь при условии, что внутреннее сопротивление источника анодного питания и сопротивление, вносимое детекторным миллиамперметром в анодную цепь, малы по сравнению с внутренним сопротивлением испытываемой лампы. Указанное условие всегда соблюдается при испытании лучевых тетродов, пентодов и других многосеточных ламп. При испытании же триодов, имеющих малое внутреннее сопротивление, измеренная крутизна характеристики может оказаться значительно меньше ее действительного значения. Точность измерения крутизны также зависит от постоянства питающего напряжения, подводимого к прибору; это вызывает необходимость введения в схему питания автоматического или ручного регулятора напряжения.

При практическом осуществлении крутизномера приходится сталкиваться с теми же проблемами, что и при измерении анодного тока, а именно с необходимостью коммутации питающих напряжений и электродов испытываемых ламп. Поэтому оба вида измерений рационально объеди-

нить в общем приборе, осуществляя переход от одной схемы к другой с помощью переключателя при использовании ряда общих элементов: коммутатора, индикатора, испытательных карт и др. На испытательные карты, применяемые при штепсельной системе коммутации, наносят, как это видно из рис. 21, вторую шкалу, проградуированную в значениях крутизны в соответствии с выбранным пределом измерений и разбитую на зоны годности: *Хорошая*, *Работоспособная* и *Плохая*.

Как известно, одним из важнейших параметров частотопреобразовательных ламп (1А1П, 6А2П, 6А7, 6А8, 6А10С и др.) является крутизна преобразования, численно равная действующему значению составляющей анодного тока промежуточной частоты (в миллиамперах), создаваемой сигналом с действующим значением напряжения 1 *в*. Крутизна преобразования зависит от свойств самой лампы и величины воздействующего на нее напряжения гетеродина, которую берут обычно равной 5—10 *в*. Для измерения крутизны преобразования требуется создание специальной измерительной схемы с применением двух высокочастотных генераторов, лампового вольтметра и высокочастотного миллиамперметра.

В крутизномерах обычно ограничиваются измерением крутизны характеристики гетеродинной части частотопреобразовательной лампы при подаче на остальные электроды нормальных напряжений типового режима.

13. Измерение междуэлектродных емкостей радиоламп

Для работы многих высокочастотных и в особенности сверхвысокочастотных устройств существенное значение имеет величина емкостей между электродами используемых в них ламп. При больших междуэлектродных емкостях возникают затруднения в повышении частоты колебаний, возбуждаемых генераторными устройствами, усилители становятся склонными к самовозбуждению, нарушается устойчивость работы и многих других радиотехнических схем.

Величина междуэлектродных емкостей зависит не только от конструкции лампы, но и от режима ее работы. Поэтому различают междуэлектродные емкости статические, существующие между электродами «холодной» лампы, и динамические, соответствующие рабочему ре-

4—1129

жиму лампы. Величина динамических междуэлектродных емкостей превышает до полутора раз их статическое значение.

При исследовании радиоламп обычно ограничиваются измерением статических междуэлектродных емкостей. Эти емкости очень малы; они лежат примерно в пределах 0,003—10 *пф*, вследствие чего представляют для токов низких частот очень большое сопротивление, соизмеримое с сопротивлениями утечек между электродами лампы или между зажимами измерительных приборов. Поэтому их измерение может быть осуществлено лишь при помощи измерительных схем, питаемых источниками высоких частот (по крайней мере порядка сотен килогерц).

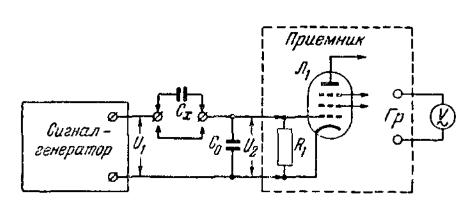


Рис. 24. Схема измерения очень малых емкостей при помощи сигнал-генератора и радиоприемника.

В приборах промышленного изготовления, предназначенных для измерения очень малых емкостей, применяют мостовые и резонансные схемы в сочетании с методом замещения. При этом используются конденсаторы переменной емкости специальной конструкции, позволяющие производить отсчет очень малых изменений емкости. Приборы снабжаются чувствительными индикаторами, реагирующими на ничтожные изменения величины измеряемой емкости. Специальные меры предпринимаются для устранения различных паразитных связей между цепями. В результате схема и конструкция подобных приборов оказываются весьма сложными.

В любительских условиях при наличии сигнал-генератора (или генератора стандартных сигналов) и радиоприемника измерение очень малых емкостей можно производить по схеме рис. 24. Здесь последовательно с измеряемой емкостью C_x включают известную емкость C_o, величину которой берут порядка 10—50 *пф*. К этой цепи подводят от генератора напряжение высокой частоты U_1. Небольшая часть этого напряжения снимается с емкости C_o и подается непосредственно на сетку первой лампы приемника, от которой отсоединяют входную цепь (исключая сопротивление утечки R_1). Генератор настраивают на частоту приемника по максимальным показаниям вольт-

метра переменного тока V, включенного на выходе приемника; при этом напряжение U_1 устанавливают такой величины, чтобы получить удобный отсчет по вольтметру

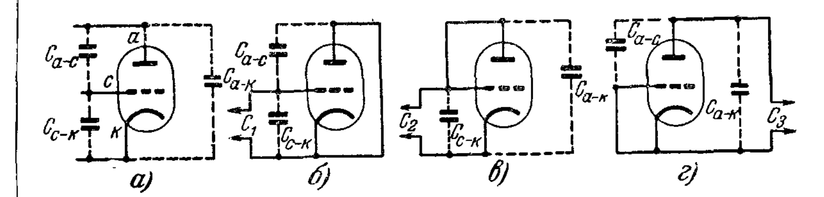


Рис. 25. Схемы включения триода при измерении его междуэлектродных емкостей.

V. Затем емкость C_x закорачивают, а напряжение, подводимое от генератора, уменьшают до значения U_2, при котором вольтметр V даст прежнее показание. Измеряемую емкость подсчитывают по формуле

$$C_x = C_o \frac{U_2}{U_1 - U_2}. \qquad (9)$$

При разработке схемы или методики измерения междуэлектродных емкостей приходится учитывать необходимость устранения влияния цепей, включенных параллельно измеряемой емкости. В качестве примера рассмотрим возможную методику измерения схемой рис. 24 междуэлектродных емкостей триода, изображенного на рис. 25,*а*. Параллельно любой из емкостей триода включены последовательно соединенные две другие емкости, так что непосредственное измерение емкости между электродами даст завышенные результаты. Поэтому измерение проводят в следующем порядке. Сперва измеряют емкость C_1 между сеткой и катодом при аноде, закороченном на катод (рис. 25,*б*). Затем между этими же электродами измеряют емкость C_2 при аноде, закороченном на сетку (рис. 27,*в*). И, наконец, измеряют емкость C_3 между анодом и катодом при сетке, соединенной с катодом (рис. 27,*г*). Очевидно, что измеренные емкости

$$C_1 = C_{ск} + C_{ас};$$
$$C_2 = C_{ск} + C_{ак};$$
$$C_3 = C_{ак} + C_{ас}.$$

При совместном решении приведенных выше равенств получаем:

$$C_{ск} = \frac{C_1 + C_2 - C_3}{2}; \qquad (10)$$

$$C_{ac} = \frac{C_1 + C_3 - C_2}{2}; \qquad (11)$$

$$C_{ак} = \frac{C_2 + C_3 - C_1}{2}. \qquad (12)$$

При измерении междуэлектродных емкостей мостовым методом правильным включением исследуемой лампы можно исключить влияние параллельных цепей на результаты измерения. В качестве примера рассмотрим показанную на рис. 26 схему реостатно-емкостного моста, питаемого источником переменного напряжения U. Два электрода исследуемой лампы, например анод и катод, емкость между которыми $C_{ак}$ измеряется, подключаются к зажимам C_x и образуют одно из плеч моста. Третий электрод (а в случае многосеточной лампы — все остальные электроды, соединенные вместе) присоединяют к вершине моста *Б*. В этом случае малая емкость лампы C_{ac} оказывается включенной параллельно емкости C_1 и при достаточно большой величине последней практически не влияет на баланс моста. Вторая емкость $C_{ск}$ включена параллельно источнику питания и на результаты измерения также не влияет. Мост уравновешивают по минимальным показаниям индикатора переменного тока *И* путем изменения электрической величины одного из плеч моста, например сопротивления R_2. При уравновешенном мосте измеряемая емкость определяется по формуле

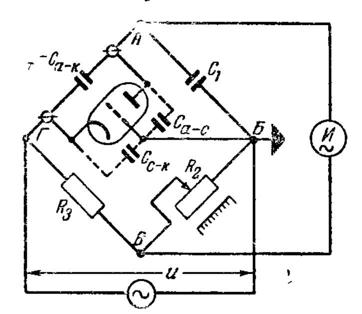


Рис. 26. Схема измерения междуэлектродных емкостей радиоламп мостом переменного тока.

$$C_x = C_1 \frac{R_2}{R_3}. \qquad (13)$$

Очевидно, что при постоянных и известных значениях емкости C_1 и сопротивления R_3 переменное сопротивление R_2 может быть снабжено градуировкой непосредственно в значениях измеряемых емкостей.

При измерении междуэлектродных емкостей следует выводы электродов присоединять к измерительному прибору непосредственно или очень короткими проводниками.

Задача 2. Определить междуэлектродные емкости триода 6С1Ж, если при его испытании по схеме рис. 24 и использовании образцовой емкости $C_o = 40$ *пф* трем вариантам включения на рис. 25, *б*, *в* и *г* соответствовали следующие результаты измерений:

б: $U_1 = 2\,120$ *мкв*; $U_2 = 120$ *мкв*;
в: $U_1 = 3\,120$ *мкв*; $U_2 = 120$ *мкв*;
г: $U_1 = 2\,520$ *мкв*; $U_2 = 120$ *мкв*.

Ответ: $C_{ск} = 1$ *пф*; $C_{ac} = 1{,}4$ *пф*; $C_{ак} = 0{,}6$ *пф*.

14. Измерение сопротивления изоляции и тока утечки электродов радиоламп

Для работы некоторых радиотехнических устройств существенное значение имеет величина **сопротивления изоляции** между электродами используемых в них радиоламп. При малом сопротивлении изоляции возможен пробой между электродами, находящимися под высоким напряжением, уменьшается входное или выходное сопротивление цепей, подключенных к этим электродам.

Сопротивление изоляции зависит не только от качества диэлектрика, в который вмонтированы выводы электродов, но и от чистоты поверхности этого диэлектрика, внешних условий (влажности и температуры воздуха), величины испытательного напряжения и длительности его воздействия. Поэтому правильные результаты могут быть получены лишь при соответствии условий испытаний режиму эксплуатации. В заводской и лабораторной практике с целью сравнительной оценки различных экземпляров радиоламп измерение сопротивления изоляции производят в нормальных комнатных условиях при выключенном накале после минутного воздействия постоянного испытательного напряжения порядка 100—500 *в*. При этом сопротивление участков управляющая сетка — катод и анод — катод для большинства типов радиоламп должно быть не менее 10—20 *Мом*.

Измерение сопротивления изоляции электродов может производиться методом вольтметра-микроамперметра по схеме рис. 27 с последующим расчетом по формуле:

$$R_{из} = \frac{U}{I} - R_o, \qquad (14)$$

где U — испытательное напряжение, снимаемое с потенциометра R и измеряемое вольтметром V, I — ток в цепи, изме-

ряемый микроамперметром μA, а R_o — ограничительное сопротивление известной величины.

Например, если $U=200$ *в*, $I=4$ *мка*, а $R_o=1$ *Мом*, то $R_{из}=49$ *Мом*. Из этого примера видно, что микроамперметр должен обладать высокой чувствительностью, ток его полного отклонения не должен превышать 10—20 *мка*.

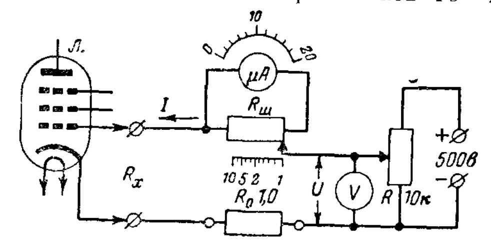


Рис. 27. Схема измерения сопротивления изоляции электродов радиоламп методом вольтметра-микроамперметра.

Для расширения предела измерений микроамперметра в случае пониженного сопротивления исследуемой изоляции можно применить универсальный шунт с плавной регулировкой, сопротивление потенциометра которого $R_ш$ берут в 20—50 раз большим внутреннего сопротивления микроамперметра. Величину тока I определяют как произведение показаний, отсчитываемых по шкалам микроамперметра μA и потенциометра $R_ш$. До начала измерений следует проверить сопротивление изоляции самой измерительной установки, которое при свободных зажимах R_x не должно вызывать заметного отклонения стрелки микроамперметра.

Приближенное измерение сопротивления изоляции может быть произведено при помощи батарейных, сетевых, индукторных или ламповых омметров (мегомметров), имеющих высокоомные пределы измерения.

Лампы с катодами косвенного накала часто эксплуатируются при значительном, порядка сотен вольт, напряжении между катодом и нитью накала. При плохом состоянии изоляционного покрытия нити накала возможен пробой последнего и порча лампы.

Качество изоляции участка катод — нить накала принято характеризовать величиной т о к а у т е ч к и $I_{ут}$, протекающего между электродами при приложении к ним предельно допустимого постоянного напряжения $U_{к\text{-}н}$, указанного в технической характеристике испытуемого типа лампы, и нормальном питании нити накала.

Для измерения тока утечки можно использовать схему рис. 27. В этом случае на испытываемую лампу подают нормальное напряжение накала, а выводы катода и одного из концов нити накала присоединяют к зажимам R_x. Затем устанавливают испытательное напряжение $U_{к\text{-}н}$ и, кратковременно закоротив сопротивление R_o микроамперметром μA, измеряют ток утечки $I_{ут}$. Для большинства маломощных приемно-усилительных ламп величина тока утечки $I_{ут}$ не должна превышать 20 *мка* при испытательном напряжении $U_{к\text{-}н}=100$ *в*.

15. Испытание стабилитронов

Стабилитроны (газоразрядные стабилизаторы напряжения) применяются для стабилизации постоянных напряжений питания различных радиоустройств. Они работают в режиме нормального тлеющего разряда, который характерен тем, что при изменении тока через стабилитрон в широких пределах от $I_{мин}$ до $I_{макс}$ падение напряжения на нем $U_{ст}$ остается практически постоянным с точностью до 2—3 %. Например, для стабилитрона типа СГ4С при изменении рабочего тока в пределах $I_{мин} \div I_{макс} = 5 \div 30$ *ма* падение напряжения $U_{ст}$, в среднем равное для отдельных экземпляров 145 — 160 *в*, изменяется не более чем на $\Delta U = 4$ *в*.

Стабилитроны проверяются на отсутствие коротких замыканий между электродами, величину напряжения стабилизации $U_{ст}$ и относительную степень стабилизации, характеризуемую возможным изменением напряжения стабилизации ΔU. Первое испытание проводится одним из методов, рассмотренных в § 2. Для проверки других качественных показателей стабилитронов пригодна схема, приведенная на рис. 28,*а*. Здесь стабилитрон через входные зажимы *1* и *2*, шунт $R_{ш1}$ и переменные сопротивления R_1 и R_2 подключен к источнику постоянного напряжения U, величина которого должна превышать напряжение зажигания испытываемого стабилитрона на 20 — 50 *в*. Ток в цепи стабилитрона измеряется с помощью миллиамперметра *mA*, который при установке переключателя *П* в положение *I* включен параллельно шунту $R_{ш1}$, расширяющему его предел измерений, например, до 50 *ма*.

При испытании переменным сопротивлением R_1 устанав-

ливают в цепи стабилитрона ток $I_{мчн}$, равный, например, 5 *ма*. Затем при нажатой кнопке *К* переменным сопротивлением R_2 устанавливают в цепи ток $I_{макс}$, равный, например, 30 *ма*. После этого переключатель *П* переводят в положение *U*, при котором миллиамперметр *mA* включается в схему вольтметра, измеряющего падение напряжения на стабилитроне U_{cm}. Для того, чтобы не снижать заметно чувствительности прибора, сопротивление шунта $R_{ш2}$ берут в 10 — 20 раз бо́льшим внутреннего сопротивления милли-

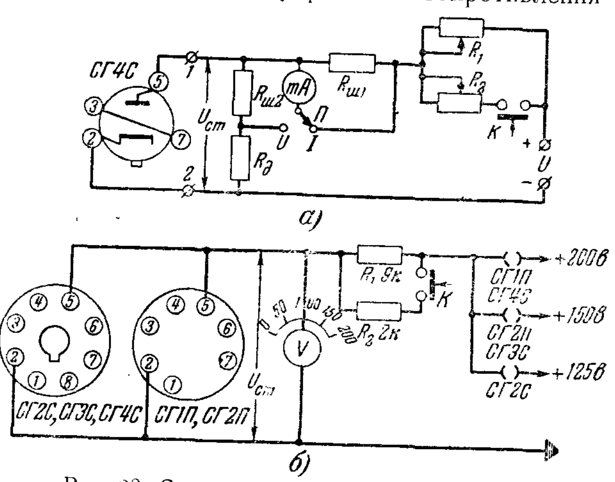


Рис. 28. Схемы испытания стабилитронов.
а — принципиальная; *б* — практическая.

амперметра *mA*. Предел измерений вольтметра, определяемый величиной добавочного сопротивления $R_д$, берется порядка 100 — 200 *в* в зависимости от типов испытываемых стабилитронов. При нажатой и отжатой кнопке *К* наблюдают за показаниями вольтметра. Разность этих показаний ΔU определяет величину нестабильности напряжения стабилизации, которая для различных типов стабилитронов не должна превышать 2,5—6 *в*. В случае, если ток, потребляемый цепью вольтметра,

$$I_в \approx \frac{U_{cm}}{R_д} \qquad (14)$$

сравним по величине с током $I_{мин}$, то для получения правильных результатов измерений регулировкой сопротивлений R_1 и R_2 следует устанавливать в общей цепи токи $I_{мин} + I_в$ и $I_{макс} + I_в$.

Если напряжение питания *U* стабилизировано и не зависит от величины нагрузки, то вместо переменных сопротивлений R_1 и R_2 можно применить постоянные сопротивления, необходимая величина которых для каждого конкретного типа стабилитрона определяется формулами:

$$R_1 = \frac{U - U_{cm}}{I_{мчн} + I_в}; \qquad (16)$$

$$R_2 = \frac{U - U_{cm}}{I_{макс} - I_{мчн}}. \qquad (17)$$

При зависимости напряжения *U* от величины нагрузки подбор сопротивлений R_1 и R_2 следует производить практическим путем.

Схема прибора, предназначенного для испытания стабилитронов различных типов, может быть осуществлена в двух основных вариантах. В первом варианте напряжение питания *U* выбирают из условия обеспечения зажигания наиболее высоковольтного стабилитрона и для каждой группы сходных по параметрам типов стабилитронов подбирают соответствующие режиму их испытания сопротивления R_1 и R_2. Во втором варианте при испытании различных типов стабилитронов напряжение *U* каждый раз устанавливают таким, чтобы разность напряжений $U - U_{cm}$ была примерно одинаковой и равной, например, 50 *в*. Тогда, учитывая, что большинство стабилитронов рассчитано на нормальную работу при одинаковом минимальном токе $I_{мин} = 5$ *ма* и максимальном токе в близких пределах $I_{макс} = 30 \div 40$ *ма*, на основании формул (16) и (17) можно сделать вывод о возможности использования в приборе одной пары общих сопротивлений: R_1 и R_2. Схема испытателя, основанная на втором варианте, показана на рис. 28,*б*.

Задача 3. Проверить расчет схемы испытателя на рис. 28,б, произведенный на основе следующих исходных данных:

1. Прибор предназначен для испытания стабилитронов типов СГ2С, СГ3С и СГ2П, СГ4С и СГ1П, для которых среднее напряжение стабилизации U_{cm} равно соответственно 75, 105 и 150 *в*.

2. Испытание производится при стабилизированных напряжениях питания и изменениях тока через стабилитроны в пределах 5 — 30 *ма*.

3. В схеме вольтметра *V* применен миллиамперметр с током полного отклонения 1 *ма*.

Данные расчета приведены на схеме рис. 28,*б*.

15. Испытание полупроводниковых диодов и триодов

Широкое внедрение полупроводниковых приборов (диодов и триодов) в радиотехнику и другие области электроники потребовало разработки принципов и методики их испытания.

Полупроводниковые приборы легко повреждаются при различных электрических перегрузках. Поэтому проверку полупроводникового прибора, включенного в действующую установку, путем замены его другим, заведомо исправным следует производить весьма осторожно; предварительно нужно убедиться, что в схеме отсутствуют неисправности, способные испортить прибор. Значительно точнее и безопаснее испытание полупроводниковых приборов производить при помощи специально предназначенных для этой цели установок.

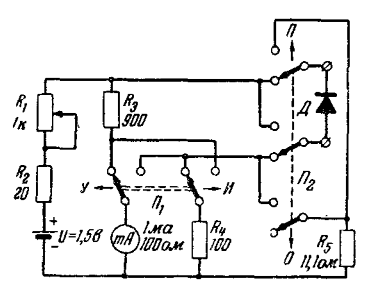


Рис. 29. Схема испытания полупроводниковых диодов.

Детектирующие и преобразовательные свойства полупроводникового диода часто характеризуют **коэффициентом выпрямления**, под которым понимают отношение прямого тока через диод к его обратному току, измеренным при различных полярностях приложенного к диоду постоянного напряжения 1 *в*. Измерение этих токов для большинства точечных диодов может быть произведено по схеме рис. 29. Питание этой схемы производится от одного сухого элемента, обеспечивающего на зажимах напряжение $U = 1{,}5 \div 1{,}2$ *в*. Перед каждым измерением переключатель $П_1$ ставят в положение *У* и с помощью переменного сопротивления R_1 устанавливают на испытываемом диоде *Д*, включенном последовательно с небольшим сопротивлением R_4 и R_5, напряжение 1 *в*. Измерение этого напряжения производится вольтметром на 1 *в*, который образуется миллиамперметром *mA* на 1 *ма* и добавочным сопротивлением R_3. При переводе переключателя $П_1$ в положение *И* миллиамперметр *mA* включается последовательно с диодом *Д* и в зависимости от установки переключателя $П_2$ измеряется прямой (положение *П*) или обратной (положение *О*) ток диода. При этом для сохранения установленного при регулировке режима сопротивление R_4, численно равное внутреннему сопротивлению миллиамперметра *mA*, отключается от цепи диода и включается последовательно с сопротивлением R_3. При измерении прямого тока предел измерений миллиамперметра расширяется до 10 *ма* при помощи шунта R_5. Для хороших диодов коэффициент выпрямления, вычисленный по результатам измерений, оказывается не менее 10—20. В некоторых приборах предусматривают возможность измерения обратного тока диода при наибольшем допустимом для данного типа обратном напряжении $U_{обр}$.

Приближенная проверка полупроводникового диода может быть произведена при помощи любого низковольтного (питаемого от одного сухого элемента) омметра постоянного тока. При этом измеряют и сравнивают прямое

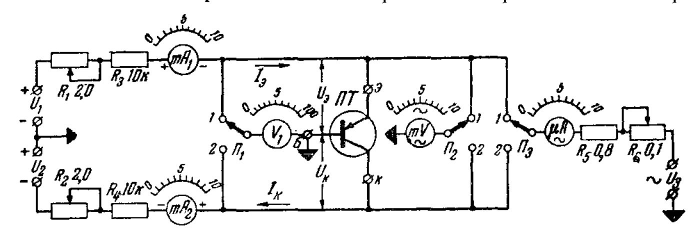


Рис. 30. Упрощенная схема прибора для снятия статических характеристик и определения параметров полупроводниковых триодов.

и обратное сопротивления диода, измеренные при различных полярностях подключения его к омметру на одном и том же пределе последнего. Для хороших точечных диодов прямое сопротивление не превышает сотен ом, а обратное сопротивление не ниже 5—10 *ком*; отношение этих сопротивлений приближенно равно коэффициенту выпрямления диода.

Рассмотренные методы могут быть применены для ориентировочной проверки на постоянном токе полупроводниковых триодов посредством определения коэффициента выпрямления или сравнения прямого и обратного сопротивлений участков база — эмиттер и база — коллектор.

Качественные показатели полупроводникового триода наиболее полно определяются его характеристиками и параметрами. Упрощенная схема прибора, пригодного для снятия статических характеристик и определения параметров триодов, приведена на рис. 30. Испытываемый триод *ПТ* подключают к зажимам *б* (база), *э* (эмиттер) и *к* (коллектор). Источники постоянных напряжений U_1 и U_2 используются для создания через эмиттер и коллектор токов смещения

$I_э$ и $I_к$, величины которых измеряются миллиамперметрами постоянного тока mA_1 и mA_2 и регулируются переменными сопротивлениями R_1 и R_2. В зависимости от установки переключателя $П_1$ вольтметр V_1 измеряет постоянное напряжение $U_э$ на эмитере или $U_к$ на коллекторе. Напряжения U_1 и U_2 желательно иметь порядка десятков вольт; в этом случае необходимая величина сопротивления в цепях питания эмиттера и коллектора получается достаточно большой, что позволяет при изменении тока в цепи одного из электродов, осуществляемом изменением сопротивления R_1 или R_2, считать ток в цепи другого электрода неизменным по величине. Для ограничения токов $I_э$ и $I_к$ пределами безопасных для испытываемых триодов значений служат постоянные сопротивления R_3 и R_4. Рассмотренная схема позволяет снимать четыре семейства статических характеристик: зависимости напряжений $U_э$ и $U_к$ от тока $I_э$ при различных токах $I_к$, а также зависимости этих же напряжений от тока $I_к$ при различных токах $I_э$.

В практических схемах испытателей напряжения U_1 и U_2 стабилизируют; вместо сопротивлений $R_1 - R_4$ в цепи эмиттера и коллектора включают пентоды, анодные токи которых, соответствующие в данном случае токам $I_э$ и $I_к$ можно считать неизменными в широких пределах изменений анодного напряжения; плавная регулировка токов $I_э$ и $I_к$ достигается изменением напряжений смещения на управляющих сетках пентодов. При наличии специальных приставок характеристики полупроводниковых триодов могут быть визуально воспроизведены на экране электронного осциллографа.

Схема на рис. 30 позволяет при любом режиме работы испытываемого полупроводникового триода определить некоторые его динамические параметры. С этой целью эмиттер или коллектор питают переменным током от источника стабилизированного напряжения U_3 с частотой порядка 1 000 *гц*. Благодаря включению в цепь питания высокоомных сопротивлений R_5 и R_6 величина переменного тока, измеряемая микроамперметром μA, практически не зависит от внутренних сопротивлений триода. Переменным сопротивлением R_6 этот ток устанавливают порядка 50—100 *мка*. Переменное напряжение на эмиттере или коллекторе измеряют чувствительным милливольтметром переменного тока mV (возможно использование милливольтметра mV и для измерения переменного тока посредством переключения его в цепь последнего параллельно небольшому сопротивлению известной величины). Из отношения показаний приборов mV и μA определяют внутреннее сопротивление исследуемого участка триода. При установке обоих переключателей $П_2$ и $П_3$ в положения *1* определяют входное сопротивление триода R_{11} при разомкнутом выходе; установка этих же переключателей в положение *2* позволяет найти выходное сопротивление триода R_{22} при разомкнутом входе; при установке же переключателя $П_2$ в положение *1*, а переключателя $П_3$ в положение *2* находят сопротивление обратной связи R_{12} при разомкнутом входе. Если переменный ток при измерении поддерживать строго

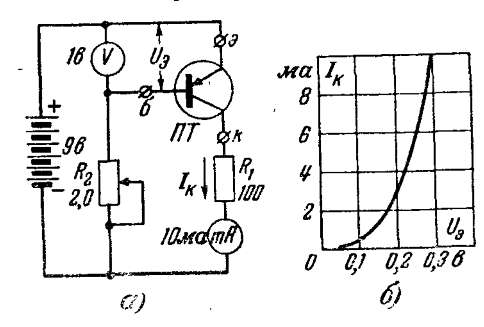


Рис. 31. Простейшая схема проверки полупроводниковых триодов (*а*) и примерный характер зависимости напряжения $U_э$ от тока $I_к$ (*б*).

определенным, например равным 50 *мка*, то милливольтметр mV можно снабдить дополнительной шкалой, проградуированной непосредственно в значениях определяемых сопротивлений.

При испытании триодов необходимо следить, чтобы токи в цепях эмитера и коллектора не превышали допустимых значений. При подключении к прибору или отключении от него испытываемых триодов следует полностью вводить переменные сопротивления R_1 и R_2 с целью устранения возможности повреждения триодов зарядными и разрядными токами паразитных емкостей. Так как характеристики и параметры триодов, так же как и диодов, сильно зависят от температурных условий, испытание полупроводниковых приборов следует производить при температуре 15—20° С.

В заключение приводим на рис. 31,*а* предложенную Н. Горюновым простейшую схему проверки триодов. В этой схеме, питаемой от двух сухих батарей типа КБС, снимают зависимость напряжения $U_э$ от тока $I_к$ посредством постепенного уменьшения переменного сопротивления R_2, производимого до достижения предельно допустимого значения тока $I_к$, принимаемого равным 10 *ма*. Примерный характер этой зависимости показан на рис. 31,*б*. При наличии внутри триода коротких замыканий при полностью введенном сопротивлении R_2 наблюдается уход за шкалу стрелки миллиамперметра *mA*. Признаками неисправности испытываемого триода является также самопроизвольное возрастание тока $I_к$ после каждого включения питания или резкое изменение этого тока при постукивании по триоду.

ЛИТЕРАТУРА

Рамез Г. А. и Иткин С. Г., Радиоизмерения и радиоизмерительная аппаратура, Воениздат, 1947, стр. 355—372.

Власов В. Ф., Электровакуумные приборы, Связьиздат, 1949, стр. 174—176, 202—205, 224—230.

Радиолюбительская измерительная аппаратура, Госэнергоиздат, 1949, стр. 25—38.

Аппаратура для ремонта и налаживания приемников, Госэнергоиздат, 1950, стр. 21—34.

Термен Ф. и Петтит Дж, Измерительная техника в электронике, Издательство иностранной литературы, 1955, стр. 96—100, 256—273.

Шкурин Г. П., Справочник по электроизмерительным и радиоизмерительным приборам, Воениздат, 1955, стр. 743—780.

Электровакуумные приборы, Справочник, Госэнергоиздат, 1956.

Соболевский А. Г., Электронно-лучевой осциллограф, Госэнергоиздат, 1956, стр. 83—86.

Коршунов П., Проверка эмиссии ламп омметром, «Радио», 1951, № 4, стр 60.

Самойликов К., Прибор для испытания вакуума, «Радио», 1952, № 1, стр. 45—47.

Шешин Р., Выпрямитель к испытателю ламп типа ИЛ-10, «Радио», 1954, № 7, стр. 20.

Самойлов Х., Пробник для проверки нитей накала ламп, «Радио», 1956, № 5, стр. 41.

Матлин С. и Фараджев И., Испытатель ламп, «Радио», 1956, № 6, стр. 53—54.

Стретт М., Полупроводниковые приборы, Госэнергоиздат, 1956, стр. 190—195.

Филиппов А., Испытатель полупроводниковых триодов, «Радио», 1956, № 2, стр. 46—47.

Горюнов Н., Приемник на полупроводниковых триодах, «Радио», 1957, № 2, стр. 33—35.

Сорвин Е. и Рачеико В., Прибор для измерения напряжения накала высоковольтных кенотронов, «Радио», 1958, № 1, стр. 44.